



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,
DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP.
INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE
OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION
LAMBAYEQUE”**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

Bach. Ing. Civil CASTOPE CAMACHO MIGUEL ANTONIO

PATROCINADOR

Ing. BORJA SUAREZ MANUEL ALEJANDRO

LAMBAYEQUE - PERÚ – ENERO 2017

**“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP.
INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION
LAMBAYEQUE”**

**TESIS PARA OPTAR TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

Bach. Ing. Civil CASTOPE CAMACHO, MIGUEL ANTONIO

HONORABLE JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS:

Ing. ALEJANDRO PEDRO MORALES UCHOFEN
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. JORGE LUIS MARTINEZ SANTOS
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. EMILIO DE LA ROSA RIOS
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. BORJA SUAREZ MANUEL ALEJANDRO
PATROCINADOR DE TESIS

**“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP.
INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION
LAMBAYEQUE”**

ELABORADO POR:

Bach. Ing. Civil CASTOPE CAMACHO, MIGUEL ANTONIO
RESPONSABLE

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

ASESORADO POR:

Ing. MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ

Lambayeque, Enero del 2017

RESUMEN

Los pobladores de los Centros Poblados: Insculas y El Faique, tienen la necesidad de contar con un estudio definitivo de la carretera, que los una con la capital distrital y otras ciudades de la región, ya que la trocha carrozable existente no se encuentra en buenas condiciones, no cuenta con ningún estudio preliminar, la longitud actual de la trocha carrozable es 6.85 km con un ancho promedio de calzada de 5.2 m, proyectándose una longitud total del tramo a 7.145 km, realizando el diseño geométrico correcto, mejorando los radios de curvas horizontales y las longitudes de los tramos en tangente acorde al manual de diseño geométrico de carreteras 2014.

Se describen antecedentes, objetivos y etapas del proyecto, se realizara el estudio geográfico y económico, levantamiento topográfico de la franja de dominio, determinando el eje preliminar, eje definitivo y secciones transversales, se diseñaran y definirán los elementos geométricos de la vía, determinándose las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el eje de la carretera y también el CBR tanto en el eje como en las canteras en función a los resultados se escogerá la cantera que cumple con las especificaciones técnicas, se diseñara el pavimento de asfalto en frio, se determinaran los caudales que evacuaran las alcantarillas y badenes que pasaran por la sección transversal de la carretera, diseñándose las señales informativas, reglamentarias, preventivas y los elementos de seguridad. Se ara el análisis del medio ambiente mediante el uso de la metodología de la matriz de convergencia. Se detallaran las diferentes partidas del proyecto y cronograma de obra, así como también se detallaran por cada partida del mismo.

El ancho de calzada es 6.0 m, ancho de bermas 1.20 m y un radio mínimo para curvas horizontales de 80.00 m, con una longitud de 7 + 145.31 km. El talud de corte es de 1:1 por ser un Suelo arcilloso, El talud de relleno es de 1:1.5

El tipo de suelo predominante es: CL (suelo arcilloso de baja o mediana plasticidad).

Mediante el estudio de mecánica de suelos se obtuvo un CBR máximo de 16.95 % al 95%, CBR mínimo de 7.55% al 95% y un CBR de diseño de 9.13%.

La acción más agresiva se da en las progresivas: 0 + 000 – 0 + 400, 01 + 200 – 01 + 600 y 6 + 600 – 7 + 145.31, debido al Relleno de terreno, Desbroce, Tala, transporte de material de cantera y conformación de afirmado, el factor ambiental más frágil es el Paisaje con 15.14 %.

Para el diseño final del pavimento se optó utilizar los espesores obtenidos por el método AASHTO 93, obteniendo los siguientes espesores: 5 cm, 15 cm y 15 cm, de carpeta asfáltica, base y sub-base respectivamente.

Para el diseño de mezcla asfáltica se utilizó los resultados de la calicata N° 2 de la cantera rio cascajal.

El costo por km de carretera asfaltada a enero del 2017 es de: S/.1,889,805.20.

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1	Antecedentes	12
1.2	Problema	12
1.3	Hipótesis	12
1.4	Justificación e importancia	12
1.5	Objetivos del proyecto	13
1.5.1	Objetivo general	13
1.5.2	Objetivos específicos	13

CAPITULO II: ESTUDIOS DE PLANEACIÓN

2.1	Estudio geográfico físico	15
2.1.1	Situación geográfica	15
2.1.2	Relieve de la zona	16
2.1.3	Meteorología y climatología	17
2.1.4	Vía de Acceso al punto inicio de la obra	17
2.2	Estudios económicos	18
2.2.1	Actividades económicas de la zona	18
2.2.1.1	Agricultura	18
2.2.1.2	Ganadería	18
2.2.1.3	Apicultura	19
2.2.1.4	Industria	19
2.2.2	Población beneficiada y sus características	20

CAPITULO III: ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y DISEÑO GEOMETRICO

3.1	Reconocimiento de campo	23
3.1.1	Reconocimiento Directo	23
3.1.1.1	Ubicaciones de los puntos de control y puntos obligados de paso	23

3.1.1.2	Poligonación por trazo directo	23
3.2	Levantamiento Topográfico	24
3.2.1	Instrumentos y materiales utilizados	24
3.2.2	Trabajo con el equipo topográfico en campo	24
3.2.2.1	Poligonal de apoyo utilizada	24
3.2.2.2	Ubicación de puntos fijos	25
3.2.2.3	Puesta en estación	24
3.3	Parámetros de diseño	27
3.3.1	Tipos de topografía	27
3.3.2	Derecho de vía o faja de dominio	28
3.3.3	Dimensionamiento del ancho mínimo del derecho de vía para carreteras	28
3.3.4	Definiciones	28
3.3.5	Clasificación de las carreteras	32
3.3.5.1	Según su demanda	32
3.3.5.2	Según condiciones orográficas	32
3.3.6	Estudio de demanda	33
3.3.6.1	Índice medio diario anual del tráfico	33
3.3.6.2	Calculo de tasas de crecimiento y proyección	33
3.3.7	Alineamiento horizontal	33
3.3.7.1	Generalidades	33
3.3.7.2	Consideraciones de diseño	34
3.3.7.3	Velocidad de diseño	36
3.3.7.4	Tamos en tangente	37
3.3.7.5	Curvas horizontales	38
3.3.7.5.1	Elementos de la curva horizontal	38
3.3.7.5.2	Radio mínimo	39
3.3.7.5.3	Sobreancho	40
3.3.7.6	Distancia de visibilidad de parada	41
3.3.7.7	Distancia de visibilidad de paso	42
3.3.7.8	Distancia de visibilidad en curvas horizontales (despeje lateral)	43
3.3.8	Alineamiento vertical	44
3.3.8.1	Generalidades	44
3.3.8.2	Consideraciones de diseño	44
3.3.8.3	Pendientes de diseño	45

3.3.8.3.1 Pendiente mínima	45
3.3.8.3.2 Pendiente máxima	46
3.3.8.4 curvas verticales	47
3.3.9 Sección transversal	50
3.3.9.1 Generalidades	50
3.3.9.2 Elementos de la sección transversal	50
3.3.9.2.1 Calzada o superficie de rodadura	50
3.3.9.2.1.1 Ancho de la calzada en tangente	51
3.3.9.2.2 Bermas	53
3.3.9.2.2.1 Inclinación de bermas	54
3.3.9.2.3 Bombeo	54
3.3.9.2.4 Peralte	55
3.3.9.2.5 Taludes	56
3.3.9.2.6 Cunetas	57
3.4 Diseño Geométrico	58
3.4.1 Clasificación de la carretera	58
3.4.1.1 Por la demanda	58
3.4.1.2 Según condiciones orográficas	59
3.4.2 Estudio del trafico	59
3.4.2.1 Estación de conteo	59
3.4.2.2 Periodo de estudio en el campo	59
3.4.3 Diseño geométrico en planta	65
3.4.3.1 Velocidad directriz	65
3.4.3.2 Tramos en tangente	65
3.4.3.3 curvas circulares	66
3.4.3.3.1 Radio mínimo	70
3.4.3.3.2 Sobreancho de la calzada	71
3.4.4 Diseño geométrico en perfil	72
3.4.4.1 Curvas verticales	72
3.4.5 Diseño geométrico de la sección transversal	73
3.4.5.1 Ancho de la calzada en tangente	73
3.4.5.2 Ancho en tramos en curva	73
3.4.5.3 Ancho de bermas	73
3.4.5.4 Bombeo	73
3.4.5.5 Peralte	73

3.4.5.6 Taludes	74
3.4.5.7 Cunetas	74
3.5 Volumen de movimiento de tierras	75
3.5.1 Determinación de las áreas de Secciones Transversales	75
3.5.2 Determinación de Volúmenes de Movimiento de Tierras	77

CAPITULO IV: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

4.1 Generalidades	80
4.2 Análisis de muestras	80
4.2.1 Toma de muestras	80
4.2.2 Identificación de muestras	81
4.2.2 Clasificación del material	81
4.3 Clasificación de los suelos	82
4.3.1 Clasificación AASHTO	82
4.3.2 Clasificación unificada de suelos (SUCS)	85
4.4 Ubicación de calicatas	88
4.5 Cuadro resumen de propiedades físicas y mecánicas	89
4.6 Conclusiones	90

CAPITULO V: ESTUDIO DE CANTERAS

5.1 Generalidades	95
5.2 Localización de canteras en la zona	95
5.3 Metodología	96
5.4 Trabajos de campo	97
5.5 Ensayos de laboratorio	97
5.6 Resumen de los ensayos de laboratorio	98
5.7 Descripción de Cantera	99

CAPITULO VI: ESTUDIO DEL PAVIMENTO

6.1 Generalidades	105
6.2 Clasificación de pavimentos	105
6.3 Criterios de selección de pavimentos	106
6.4 Pavimento flexible	108

6.4.1	Tipos de pavimentos flexibles	108
6.4.1.1	Asfaltó en frio	108
6.4.1.2	Asfaltó en caliente	109
6.4.2	Funciones y características de las diferentes capas del pavimento flexible	109
6.4.2.1	Carpeta de rodadura	109
6.4.2.2	Base	110
6.4.2.3	Sub base	110
6.4.3	Métodos de cálculo de los espesores	111
6.4.4	Mezclas asfálticas - Diseño - Índice de bitumen	150
6.4.4.1	Generalidades	150
6.4.4.2	Terminología del asfalto	151
6.4.4.3	Materiales pétreos o agregados para mezclas asfálticas	153
6.4.4.4	Pavimentos asfálticos	156

CAPITULO VII: ESTUDIOS HIDRAULICOS

7.1	Generalidades	170
7.2	Drenaje Superficial	171
7.3	Caudal de escorrentía	175
7.3.1	Métodos racionales	175
7.3.1.1	Método racional	175
7.3.1.2	Método racional ARMCO	178
7.3.2	Métodos experimentales	179
7.3.2.1	Método de la precipitación pluvial	179
7.3.3	Métodos empíricos	182
7.3.4	Métodos directos	183
7.3.4.1	Método de sección pendiente	183
7.4	Calculo hidráulico	185
7.5	Diseño de obras de arte	206
7.5.1	Alcantarillas	206
7.5.1.1	Definición	206
7.5.1.2	Tipos de alcantarilla	207

CAPITULO VIII: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

8.1	Función de las señales de tránsito.	211
8.2	Clasificación de las señales de tránsito.	211
8.2.1	Señales reguladoras o de reglamentación	211
8.2.1.1	Definición	211
8.2.1.2	Clasificación	212
8.2.1.3	Forma	212
8.2.1.4	Colores	212
8.2.1.5	Dimensiones	213
8.2.1.6	Ubicación	213
8.2.1.7	Relación de señales restrictivas	213
8.2.2	Señales preventivas	215
8.2.2.1	Definición	215
8.2.2.3	Forma	216
8.2.2.4	Colores	216
8.2.2.5	Dimensiones	216
8.2.2.6	Ubicación	216
8.2.2.7	Relación de preventivas	217
8.2.3	Señales de información	220
8.2.3.1	Definición	220
8.2.3.2	Clasificación	220
8.2.3.3	Forma	221
8.2.3.4	Colores	221
8.2.3.5	Dimensiones	222
8.2.3.6	Normas de diseño	222
8.2.3.7	Ubicación	224
8.2.3.8	Relación de informativas	225
8.3	Marcas en el Pavimento.	228
8.3.1	Marcas en pavimento y bordes de pavimento	232
8.3.2	Espaciamiento de delineadores	237

CAPITULO IX: EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

9.1	Factores y acciones ambientales	240
9.1.1	Generalidades	240

9.1.2	Factores ambientales	240
9.1.2.1	Medio físico	240
9.1.2.2	Medio biótico	241
9.1.2.3	Medio socioeconómico	242
9.1.3	Acciones ambientales	243
9.2	Evaluación de Impactos Ambientales.	243
9.2.1	Método de evaluación	243
9.2.1.1	Matriz de importancia	243
9.2.1.2	Matriz de convergencia	246
9.3	Interpretación de resultados	248
9.4	Plan de manejo ambiental	248
9.4.1	Generalidades	248
9.4.2	Medidas de mitigación, control y prevención ambiental	249

CAPITULO X: METRADOS, PRESUPUESTOS Y PROGRAMACIÓN DE OBRA.

10.1	Metrados, presupuesto y cronograma de obra	253
------	--	-----

CAPITULO XI: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

11.1	Especificaciones técnicas generales	263
------	-------------------------------------	-----

CAPITULO XII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1	Conclusiones	290
12.2	Recomendaciones	290

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS



INTRODUCCION

El **"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"**, es de gran importancia para que las comunidades Insculas y El Faique cuenten con un proyecto de carretera, para que así puedan gestionar su financiamiento y posterior ejecución.

El presente proyecto consta de:

Capítulo I. Generalidades: Se describen antecedentes, objetivos y etapas del proyecto.

Capítulo II. Estudios de planeación: Se realizara el estudio geográfico y económico.

Capítulo III. Estudio topográfico y diseño geométrico: Levantamiento topográfico de la franja de dominio, determinando el eje preliminar, eje definitivo y secciones transversales, se diseñaran y definirán los elementos geométricos de la vía.

Capítulo IV. Estudio de mecánica de suelos: Determina las propiedades físicas y mecánicas del suelo en el eje de la carretera y también el CBR tanto en el eje como en las canteras.

Capítulo V. Estudio de canteras: Se escogerá la cantera que cumple con las especificaciones técnicas.

Capítulo VI. Estudio del pavimento: Se diseñara el pavimento de asfalto en frio.

Capítulo VII. Estudios hidráulicos: Se determinaran los caudales que evacuaran las alcantarillas y badenes que pasaran por la sección transversal de la carretera.

Capítulo VIII. Señalización y Seguridad Vial: Diseñar las señales informativas, reglamentarias, preventivas y los elementos de seguridad.

Capítulo IX. Evaluación de impacto ambiental: Se ara el análisis del medio ambiente mediante el uso de la metodología de la matriz de convergencia.

Capítulo X. Metrados, presupuesto y cronograma de obra: Se detallaran las diferentes partidas del proyecto y cronograma de obra.

Capítulo XI. Especificaciones Técnicas: Se detallaran por cada partida del proyecto.

Capítulo XII. Conclusiones y recomendaciones.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el **"Manual de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito"** y **"Diseño Geométrico - 2014 del ministerio de transportes y comunicaciones"**.



CAPITULO I

GENERALIDADES



1.1. ANTECEDENTES

Los pobladores de los Centros Poblados: Insculas y El Faique, tienen la necesidad de contar con un estudio definitivo de la carretera, que los una con la capital distrital y otras ciudades de la región, ya que la trocha carrozable existente no se encuentra en buenas condiciones, no cuenta con ningún estudio preliminar (Topográfico, Diseño Geométrico, Mecánica de suelos, Hidrológico, Impacto Ambiental, etc), la longitud actual de la trocha carrozable es 6.85 km con un ancho promedio de calzada de 5.2m, proyectándose una longitud total del tramo a 7.145 km, realizando el diseño geométrico correcto, mejorando los radios de curvas horizontales y las longitudes de los tramos en tangente acorde al manual de diseño geométrico de carreteras 2014.

Por tal razón se ha realizado el **"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"**, con la finalidad que cuenten con un documento técnico para poder gestionar el financiamiento de su construcción.

1.2. PROBLEMA

¿Por qué realizar el "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"?

1.3. HIPÓTESIS

EI "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE", servirá de base para la elaboración del Expediente Técnico.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

PORQUE en la actualidad no se cuenta con el proyecto "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE".



PARA QUE se cuente con el proyecto "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE". Que permitirá la elaboración del expediente técnico final para su posterior ejecución que beneficiara a las comunidades involucradas.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Elaborar el, "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE".

1.5.2. Objetivos Específicos

- ✓ Realizar el estudio topográfico.
- ✓ Realizar el estudio de mecánica de suelos y cantera.
- ✓ Realizar el diseño geométrico.
- ✓ Realizar el diseño del pavimento.
- ✓ Realizar el diseño hidráulico de alcantarillas, badenes, cunetas, etc.
- ✓ Realizar la señalización vial.
- ✓ Realizar la evaluación de impacto ambiental.
- ✓ Realizar los metrados, presupuesto y cronograma de obra.



CAPITULO II

ESTUDIOS DE PLANEACIÓN



2.1 ESTUDIO GEOGRÁFICO FÍSICO

2.1.1 Situación geográfica del proyecto

El proyecto se encuentra ubicado entre el Centro Poblado Insculas y el Centro Poblado El Faique, Distrito de Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque.

La ubicación geográfica del **eje de la vía** en coordenadas UTM es:

El punto de inicio KM 0 + 000 del proyecto:

- 626302.322 E
- 9363667.578 N

El punto final KM 7 + 145.31 del proyecto:

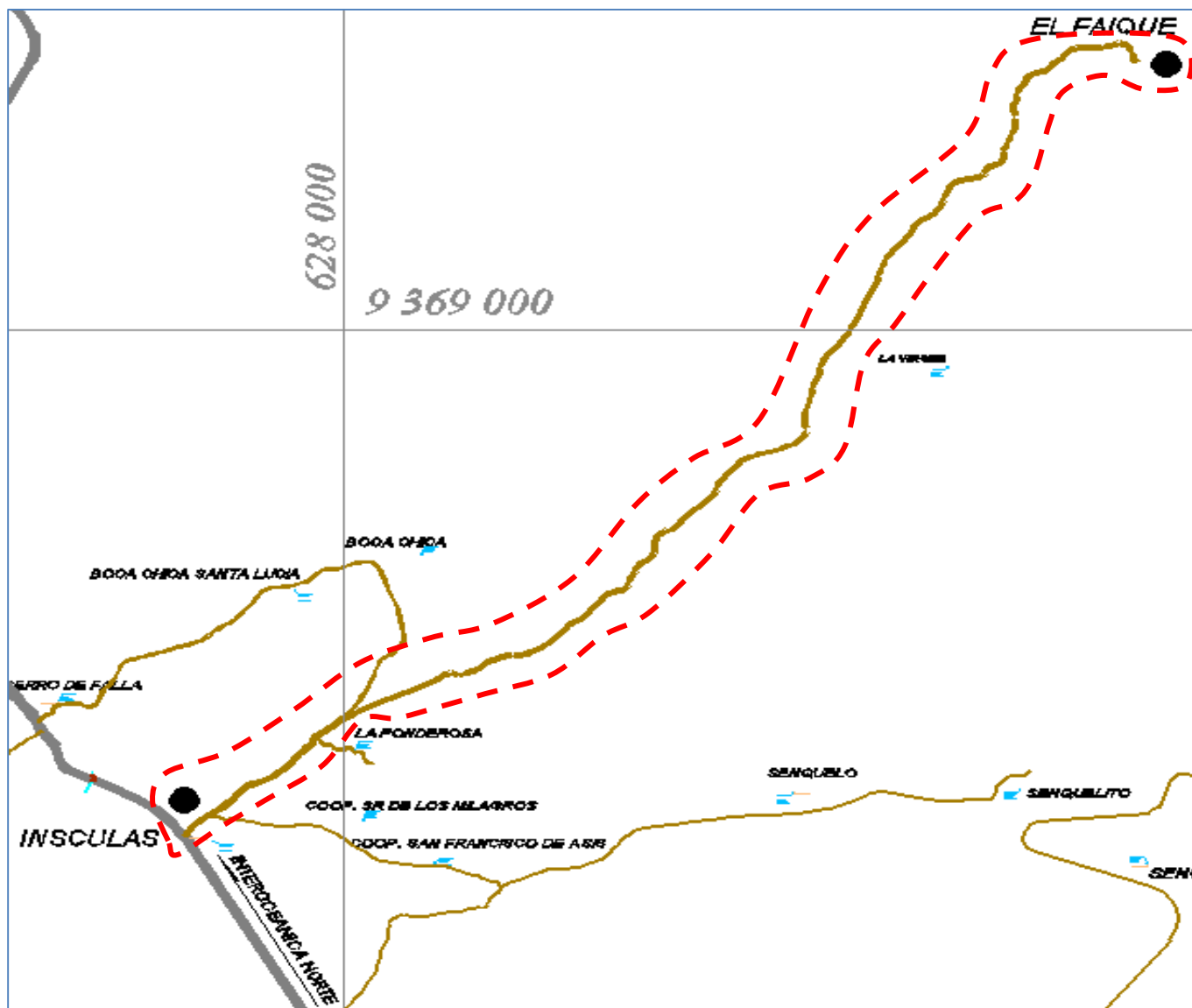
- 631592.898 E
- 9367793.721 N

Sus límites son:

- **Por el Norte:** Limita con los Distritos de Catacaos, Matanza, Buenos Aires y Salitral pertenecientes al departamento de Piura.
- **Por el Sur:** Limita con el Distrito de Morrope.
- **Por el Este:** Limita con el Distrito de Huarmaca.
- **Por el Oeste:** Limita con el Océano Pacífico (Punta Cabo Verde) y la provincia de Sechura, departamento de Piura.

La Ciudad de Olmos es la capital del Distrito del mismo nombre y se ubica a una altura de 175 msnm a 04°24'41" de latitud Sur y a 80°31'43" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LA ZONA DEL PROYECTO



2.1.2 Relieve de la zona

Su extenso territorio en su mayor parte es llano encontrándose también lomas, depresiones, dunas, médanos, cerros aislados o contra fuertes de la cordillera occidental, cauces secos de quebradas o ríos temporales.

La topografía es suave y plana con pendientes que varían del 0% a 5%, tiene relieve plano y sin pedregosidad.



2.1.3 Meteorología y Climatología

- Clima

En condiciones normales, las escasas precipitaciones condicionan el carácter semidesértico y desértico de la angosta franja costera, por ello el clima de la zona se puede clasificar como CALUROSO y el aire sopla de suroeste a este.

- Lluvias

Las precipitaciones pluviales en de la zona son escasas y esporádicamente en lapsos relativamente largos (en 1977 con 114.4 mm., 1981 con 132.5 mm. y 1998 con 181.6 mm., lo que constituyó una verdadera emergencia para los daños causados a las vivienda, infraestructura económica y social).

-Temperatura

La zona de estudio presenta un clima templado casi todo el año, con temperaturas que oscilan entre los 19°C y los 27°C, salvo en los meses de verano, de enero a abril, donde las temperaturas pueden alcanzar hasta los 38°C.

2.1.4 Vía de Acceso al Distrito de Olmos

Se llega al Distrito de Olmos a través de la Antigua carretera Panamericana Norte, partiendo de la Provincia de Chiclayo es la siguiente ruta:

Chiclayo – Lambayeque – Mochumi – Túcume – Illimo – Pacora – Jayanca – Motupe - Olmos. Esta vía es asfaltada, llegando a realizar un promedio de viaje en vehículo de 01 hora 30 minutos.

Cuadro de Acceso al Punto de inicio del proyecto		
1	De Lima a Obra	Vía asfaltada con una Longitud de 938.96 kilómetros
2	De Chiclayo a Obra	Vía asfaltada con una Longitud de 138.96 kilómetros



2.2 ESTUDIOS ECONÓMICOS

2.2.1 Actividades económicas de la zona

Sus actividades principales son la agricultura, ganadería, apicultura y la industria, que comprende las plantas procesadoras de aceite de limón y otras.

2.2.1.1 Agricultura

El valle Olmos está formado por el río que lleva su nombre, cuenta con abundantes tierras de buena calidad agronómica pero carentes de agua. Ante el reducido caudal de los ríos Cascajal, San Cristóbal y Olmos (nace en la provincia de Huancabamba - Piura, ingresando a Lambayeque por Olmos), que permanecen casi siempre secos la mayor parte del año y su volumen depende únicamente de las lluvias eventuales, los agricultores olmanos utilizan el agua subterránea que se extrae mediante pozos y bombas.

El uso de la tierra es de preferencia para cultivos de limón, frutales, maíz y otros. Potencialmente las tierras olmanas están consideradas como las mejores del mundo.

En la década de 1950 varios empresarios agrícolas procedentes de otros departamentos del país llegan a Olmos a invertir sus capitales convencidos de la fertilidad de sus tierras e iniciaron el despegue del cultivo del limón.

El limón (*Citrus limonium*) es una planta importada, se sabe que Olmos es una zona limonera por excelencia.

2.2.1.2 Ganadería

La ganadería es la principal actividad económica a la que se dedican los lugareños, tal es así que en diciembre del 2007 las estadísticas pecuarias arrojaban una producción de 60 mil cabezas de ganado caprino, 30 mil de



ovino y diez mil de vacuno. Todas ellas aprovechan los forrajes y recursos naturales de los bosques secos.

Olmos, es una de las zonas que aporta buena parte de la carne de caprino y ovino a los mercados de Chiclayo, Trujillo y Piura.

2.2.1.3 Apicultura

Otra de las actividades que ha manifestado un gran interés en Olmos, es la apicultura que en los últimos años (2003-2008) ha logrado una producción importante de miel de abeja.

Los pobladores de los bosques secos, están desarrollando "UN DULCE PROYECTO". Lambayeque produce actualmente 800 000 kg. de miel de algarrobo y zapote al año, y se está desarrollando varios proyectos para aumentar la producción de miel y polen con fines de exportación.

Casi todo el mundo sabe que la miel procede de las abejas, las cuales la producen a partir del néctar que recogen de las flores de las plantas en el campo. Sin embargo, pocos saben la cantidad de viajes que ellas tienen que hacer.

2.2.1.4 Industria

La actividad agroindustrial se da también en el distrito de Olmos con la existencia de plantas procesadoras de aceite de Limón y otras. Unas de ellas es PROFRUSA (Procesadora Frutícola S.A.) que se ubica en las cercanías de la ciudad, dedicada a la producción de aceite esencial, extraído de la cáscara y concentrados del zumo para la exportación, así como QUICORNAC, dedicada a la exportación de la maracuyá.



2.2.2 Población beneficiada y sus características

La trocha Carrozable "CP. Insculas – CP. El Faique", se localizada en el Distrito de Olmos, Provincia Lambayeque, Región Lambayeque.

El tramo a construir km. 0 + 000, inicia en el CP. Insculas (Distrito de Olmos) y finaliza en el km. 7 + 145.31, CP. El Faique (Distrito de Olmos).

Población Beneficiada

La población beneficiada corresponde al distrito de Olmos (en la provincia de Lambayeque).

La población total asciende a 36,595 habitantes al año 2007, la tasa de crecimiento del distrito de Olmos según el Censo 2007 es de 1.20%.

Ubicación geográfica y superficie territorial del distrito del área de influencia del proyecto se presentan en el cuadro siguiente.

ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Distrito	Capital	Altitud	Superf.	Población
		(m.s.n.m.)	Km ²	2007
Olmos	Olmos	175	5,335.25	36,595

INEI. Compendio estadístico región Lambayeque

POBLACIÓN DEL DISTRITO DE OLMOS

Categorías	Casos	%	% Acumulado
Área Urbana	9,807	26.80	26.80
Área Rural	26,788	73.20	100.00
Total	36,595	100.00	100.00

Fuente: INEI censo Nacional 2007 XI de población y VI de Vivienda.



La población y zona beneficiada directamente se detalla en el cuadro siguiente:

Localidad	Población Actual (Habitantes)
Insculas	745
El Faique	594
TOTAL	1,339

Fuente: INEI censo Nacional 2007

POBLACIÓN PROYECTADA DEL DISTRITO DE OLMOS

Categoría	Población 2007	Población 2016	Población 2036
Área Urbana	9,807	10,789	13,533
Área Rural	26,788	29,470	36,967
TOTAL	36,595	40,259	50,500

POBLACIÓN BENEFICIADA DIRECTAMENTE - PROYECTADA

Localidad	Población 2007 (Habitantes)	Población 2016 (Habitantes)	Población 2036 (Habitantes)
Insculas	745	820	1,028
El Faique	594	653	820
TOTAL	1,339	1,473	1,848



CAPITULO III

ESTUDIO

TOPOGRÁFICO Y

DISEÑO

GEOMETRICO



3.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

3.1.1 Reconocimiento directo

Se ha realizado la inspección de campo de la trocha carrozable existente, que tiene como objetivo determinar la ubicación de las estaciones, equipos y personal a emplear durante la etapa; permitiendo estimar el tiempo que demandará el trabajo.

Esta etapa nos dará una idea de cómo son las características generales del terreno donde se trabajara para luego tomar datos topográficos y de localización, se deberá poner mucho énfasis en esta etapa ya que los datos obtenidos son de gran influencia en el futuro diseño de los elementos geométricos de la vía en estudio.

Entre las principales consideraciones que debemos tener en esta etapa son las siguientes:

3.1.1.1 Ubicaciones de los puntos de control y puntos obligados de paso

En el momento de plantear el nuevo desarrollo de la vía para su mejoramiento debemos tener en cuenta los puntos de control, de tal manera que restrinjan el trazo de la vía a una zona que permita que la carretera sirva eficientemente a toda una región.

3.1.1.2 Poligonación por trazo directo

El levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización de la trocha carrozable existente y su derecho de vía, constituye lo que se denomina el "trazado directo". El sistema alternativo se denomina "trazado indirecto". En la actualidad el levantamiento de la sección transversal se realizó con la Estación Total modelo Topcom gts 240 nw.

Se estaca por la ruta existente y se calcula el nivel del terreno en cada estaca, además se realiza el levantamiento topográfico de la



sección transversal, los datos de cada sección transversal deberán ser suficientes para permitir la representación de las curvas de nivel en la franja que ocupara el camino.

3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico es el procedimiento realizado en campo para obtener la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes.

3.2.1. Instrumentos y materiales empleados

- Estación Total Modelo Topcom gts 240 nw.
- Prismas.
- GPS.
- Wincha.
- Libreta de campo.
- Estacas.
- Pintura.
- Clavos.

3.2.2. Trabajo con el equipo topográfico en campo:

Trabajo de campo: haciendo uso de estación total
Estación Total Modelo Topcom gts 240 nw.

3.2.2.1 Poligonal de apoyo utilizada

Al realizar el levantamiento topográfico de un área en estudio, se puede hacer uso de poligonales abiertas o cerradas, dependiendo de las características del proyecto a realizar y del equipo con que se cuenta. En nuestro caso por ser un proyecto de carreteras y utilizar un equipo de alta precisión, como la estación total, se elige trabajar con una poligonal abierta, ya que los errores serían mínimos.



3.2.2.2 Ubicación de puntos fijos

Se ubicaron los puntos fijos con estacas, que ayudaran a la colocación de una siguiente estación, haciendo uso de coordenadas. Estos puntos fijos, deben estar debidamente señalizados, y ubicados, de tal manera que puedan ser vistos desde una estación actual y la siguiente.

3.2.2.3 Puesta en estación

Se plantea poner en estación el equipo de la siguiente manera:

- Estación Fija.

Para la estación del equipo se tendrá que tener en cuenta, las coordenadas del punto en el cual se está estacionando el equipo y del punto de referencia. Estas coordenadas se ingresaran manualmente digitándolas por medio del teclado de la estación total, dichos puntos fueron tomados con Gps navegador por un lapso de tiempo de una semana para así poder promediar la toma de datos diaria, para minimizar el error, el punto de estación inicial y punto de referencia son los siguientes:

COORDENADAS UTM(WGS-84)

COORDENADAS DE LA ESTACION INICIAL	COORDENADAS DEL PUNTO DE REFERENCIA
E = 626508.363 m	E = 626340.054 m
N = 9363977.992 m	N = 9363667.097 m
Z = 127.276 m	Z = 125.134 m



- **Toma de datos.**

Una vez estacionado, nivelado el equipo, definida la ruta y fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso que definen los tramos de la ruta, se ejecutan un estacado preliminar señalando la ruta y se calcula el nivel del terreno en cada estaca.

Mediante el seccionamiento transversal del terreno, en cada estaca, midiendo longitudes de 20 m en tramos en tangente y 10 m en tramos en curva con cinta métrica y elevaciones con el equipo (estación total), se realiza el levantamiento topográfico de la sección transversal que cubrirá un área suficientemente amplia para diseñar la carretera, sus diversas estructuras u obras de arte y para acondicionar el derecho de vía que en nuestro caso por ser una carretera de tercera clase es 16 m. Los datos de cada sección transversal deberán ser suficientes para permitir la representación de las curvas de nivel en la franja que ocupara la carretera y futuras ampliaciones. En la actualidad, el levantamiento de la sección transversal se realizara con estación total.

En el gabinete se reconstruye la planta de la franja de la carretera, el perfil longitudinal del eje y las secciones transversales.

El topógrafo debe levantar adicionalmente la referencia de toda edificación, instalación, propiedad, carreteras de acceso y accidente natural o artificial, ubicado en la franja levantada, que se juzgue será necesario tomar en cuenta para el diseño del proyecto.

El estacado seguido a lo largo del eje, corresponde así normalmente a la poligonal del levantamiento y salvo eventuales correcciones como consecuencia de posibles cambios. El trazado materializado (estacado) corresponde también al replanteo del proyecto.

Se fijan, entonces, en el terreno las referencias topográficas permanentes que permitirán replantear el alineamiento del eje de la carretera y el estacado del proyecto en los casos en que el estacado desaparezca por cualquier causa. Estas referencias o monumentos se construyen en lugares estables no sujetos a cambios, en el presente



proyecto se ubicación 6 puntos referenciales permanentes que son los siguientes:

CUADRO DE COORDENADAS DE BMS(UTM)

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
BM-01	9363667.097	626340.054	125.134
BM-02	9364471.474	627263.490	129.536
BM-03	9365370.186	628858.290	132.125
BM-04	9366469.814	630280.458	143.264
BM-05	9367322.300	630973.308	146.913
BM-06	9367836.040	631571.125	152.327

- Almacenamiento y vaciado de datos

Los datos son almacenados en la memoria del equipo. Luego son trasladados al gabinete para su vaciado hacia la computadora y posteriormente realizar el diseño definitivo de la carretera.

3.3. PARAMETROS DE DISEÑO

3.3.1. TIPOS DE TOPOGRAFIA

Se clasifican según su inclinación transversal y longitudinal al eje de la vía, en el cuadro siguiente:

Observamos esta clasificación. **Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014.**

CUADRO 3.1: TOPOGRAFÍA EN FUNCIÓN DE LA INCLINACIÓN DEL TERRENO RESPECTO A LA HORIZONTAL		
PENDIENTE TRANSVERSAL AL EJE DE LA VIA	PENDIENTE LOGITUDINAL PREDOMINANTE(S%)	TIPO DE TOPOGRAFÍA
Menor o igual a 10%	$S < 3\%$	Plano(Tipo 1)
11% a 50%	$3\% < S > 6\%$	Ondulado(Tipo 2)
51% a 100%	$6\% < S > 8\%$	Accidentado(Tipo 3)
Más de 100%	$S > 8\%$	Escarpado(Tipo 4)

FUENTE: DG - 2014



3.3.2. DERECHO DE VIA O FAJA DE DOMINIO

El Derecho de Vía es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

Dentro del ámbito del Derecho de Vía, se prohíbe la colocación de publicidad Comercial exterior, en preservación de la seguridad vial y del medio ambiente.

3.3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO MÍNIMO DEL DERECHO DE VÍA PARA CARRETERAS

El ancho mínimo debe considerar la Clasificación Funcional de la carretera, en concordancia con las especificaciones establecidas por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014 del MTC del Perú, que fijan las siguientes dimensiones:

CUADRO 3.2: ANCHOS MINIMOS DE DERECHO DE VÍA PARA CARRETERAS	
Clasificación	Ancho mínimos(m)
Autopistas Primera Clase	40 m
Autopistas Segunda Clase	30 m
Carretera Primera Clase	25 m
Carretera Segunda Clase	20 m
Carretera Tercera Clase	16 m

FUENTE: DG – 2014

3.3.4. DEFINICIONES

- CAMINO VECINAL

Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a chacras. **(DG – 2014).**



- **BERMAS**

Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud. (**DG – 2014**).

- **BOMBEO**

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente. (**DG – 2014**).

- **CALZADA**

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles. (**DG – 2014**).

- **CARRIL**

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos (**DG – 2014**).

- **CURVA DE TRANSICIÓN**

Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente. (**DG – 2014**).

- **CURVA VERTICAL**

Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente. (**DG – 2014**).

- **DESPEJE LATERAL**

Explanación necesaria para conseguir una determinada distancia de visibilidad. (**DG – 2014**).

- **DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO**

Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la



suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto. **(DG – 2014).**

- **DISTANCIA DE PARADA**

Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los Tiempos de percepción, reacción y frenado. **(DG – 2014).**

- **EJE**

Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal. **(DG – 2014).**

- **ELEMENTO**

Alineación, en planta o perfil, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

- En planta: Tangente (acimut constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante)
- En perfil: Tangente (pendiente constante), curva parabólica (parámetro constante)

(DG – 2014).

- **EXPLANACIÓN**

Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original, **(DG – 2014).**

- **INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas y representativo para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía **(DG – 2014).**



- **NIVEL DEL SERVICIO**

Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia, y la seguridad. **(DG – 2014).**

- **PENDIENTE**

Inclinación de una rasante en el sentido de avance. **(DG – 2014).**

- **PERALTE**

Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva. **(DG – 2014).**

- **PLATAFORMA**

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante. **(DG – 2014).**

- **RASANTE**

Línea que une las cotas de una carretera terminada. **(DG – 2014).**

- **SECCIÓN TRANSVERSAL**

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo. **(DG – 2014).**

- **SUBRASANTE**

Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento, **(DG – 2014).**

- **TERRAPLÉN**

Parte de la explanación situada sobre el terreno original. **(DG – 2014).**



- **TRÁNSITO**

Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje. (DG – 2014).

- **VEHÍCULO**

Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles. (DG – 2014)

3.3.5. CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS

3.3.5.1 SEGÚN SU DEMANDA

CUADRO 3.3: CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL DE ACUERDO A LA DEMANDA SEGÚN DG – 2014				
Autopistas de 1ra. Clase (AP)	Autopistas de 2da. Clase: Carreteras Dual o Multicarril (MC)	Carreteras de 1era. Clase (DC)	Carreteras de 2da. Clase (DC)	Carreteras de 3ra. Clase (DC)
• IMDA > 6000 veh/día	• IMDA 4001 – 6000 veh/día	• IMDA: 2001 - 4000 veh/día	• IMDA: 400 - 2000 veh/día	• IMDA: < 400 veh/día
• Calzadas separadas con separador central > 6m	• Calzadas separadas con separador (1 - 6)m	• Una calzadas de 2 carriles, c/carril ≥ 3.60 m	• Una calzadas de 2 carriles	• Una calzada de 2 carriles
• Dos o más carriles por calzada, c/carril ≥ 3.60 m	• Dos o más carriles por calzada, c/carril ≥ 3.60 m	• c/carril ≥ 3.60 m	• c/carril ≥ 3.30 m	c/carril ≥ 3.0 m
• Control total de accesos	• Control parcial de accesos	-----	-----	-----
• Proporciona flujo vehicular continuo	• Proporciona flujo vehicular continuo	-----	-----	-----

FUENTE: DG - 2014

3.3.5.2 SEGÚN CONDICIONES OROGRAFICAS

CUADRO 3.4: CLASIFICACIÓN SEGÚN CONDICIONES OROGRÁFICAS		
PENDIENTE TRANSVERSAL AL EJE DE LA VIA	PENDIENTE LOGITUDINAL PREDOMINANTE(S%)	OROGRAFIA
Menor o igual a 10%	$S < 3\%$	Plano(Tipo 1)
11% a 50%	$3\% < S > 6\%$	Ondulado(Tipo 2)
51% a 100%	$6\% < S > 8\%$	Accidentado(Tipo 3)
Más de 100%	$S > 8\%$	Escarpado(Tipo 4)

FUENTE: DG - 2014



3.3.6. ESTUDIO DE DEMANDA

3.3.6.1 ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL DE TRÁNSITO (IMDA)

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país.

3.3.6.2. CÁLCULO DE TASAS DE CRECIMIENTO Y LA PROYECCIÓN

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \dots\dots \text{Ec. 01}$$

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio - económico normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

3.3.7. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.3.7.1 GENERALIDADES

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma



velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

3.3.7.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

L : Metros

Δ : En grados

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos). La longitud mínima de curva (L) será:

CUADRO 3.5	
Carretera Red Nacional	$L(m)$
Autopista de primer y segunda clase	6 V
Primera , segunda y tercera clase	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h), FUENTE: DG – 2014



- En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro:

CUADRO 3.6	
Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

FUENTE: DG – 2014

En estas carreteras de tercera clase y para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente fórmula $L = 3V$ (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en (km/h)). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.



- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.

3.3.7.3 VELOCIDAD DE DISEÑO (V)

Es la máxima Velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico- económico de alternativas de trazado, que deberán tener en cuenta la **orografía del territorio**. En territorios planos el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción; pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Lo que solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el caso particular del Diseño Geométrico de carreteras, es natural en consecuencia, que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del territorio y particularmente la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada.

CUADRO 3.7: RANGOS DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCION DE LA CLASIFICACION DE LA CARRETERA POR DEMANDA Y OROGRAFICA.

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

FUENTE: DG – 2014

3.3.7.4 TRAMOS EN TANGENTE

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la Tabla.

CUADRO 3.8			
V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

FUENTE: DG – 2014



Dónde:

L mín.s: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

L mín.o: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

L máx: Longitud máxima deseable (m).

V: Velocidad de diseño (km/h).

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la [Tabla](#), están calculadas con las siguientes fórmulas:

$$L_{\text{min.s}}: 1.39 V, L_{\text{min.o}}: 2.78 V, L_{\text{máx}} : 16.70 V$$

3.3.7.5 CURVAS HORIZONTALES (CIRCULAR)

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

3.3.7.5.1 ELEMENTOS DE LA CURVA HORIZONTAL

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

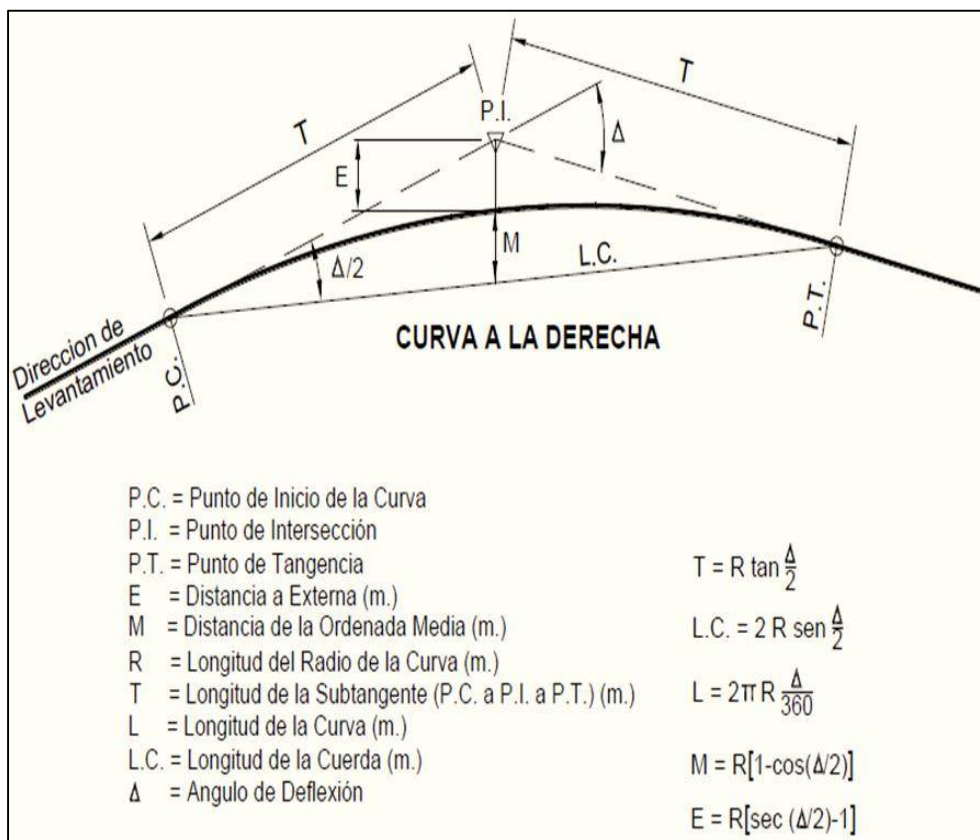
Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)

p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la

Calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m).

SIMBOLOGIA DE LA CURVA CICULAR



FUENTE: DG - 2014

3.3.7.5.2 RADIO MINIMO

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y el factor máximo de fricción seleccionados para una velocidad directriz.

El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \dots \dots \dots \text{Ec. 02}$$



Dónde:

R_{min} = Radio Mínimo en metros.

V = Velocidad de Diseño en Km/h.

e_{max} = Peralte máximo de la curva.

F_{max} = Factor máximo de fricción.

CUADRO 3.9: FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA EN CURVAS	
Velocidad Directriz (km/h)	f_{max}
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

FUENTE: DG – 2014

3.3.7.5.3 SOBREENCHO

Permite compensar el mayor espacio requerido por los vehículos en las curvas.

La fórmula de cálculo está dada por las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras; propuesta por VOSHELL y recomendada por la AASHTO:

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots \dots \dots EC.03$$

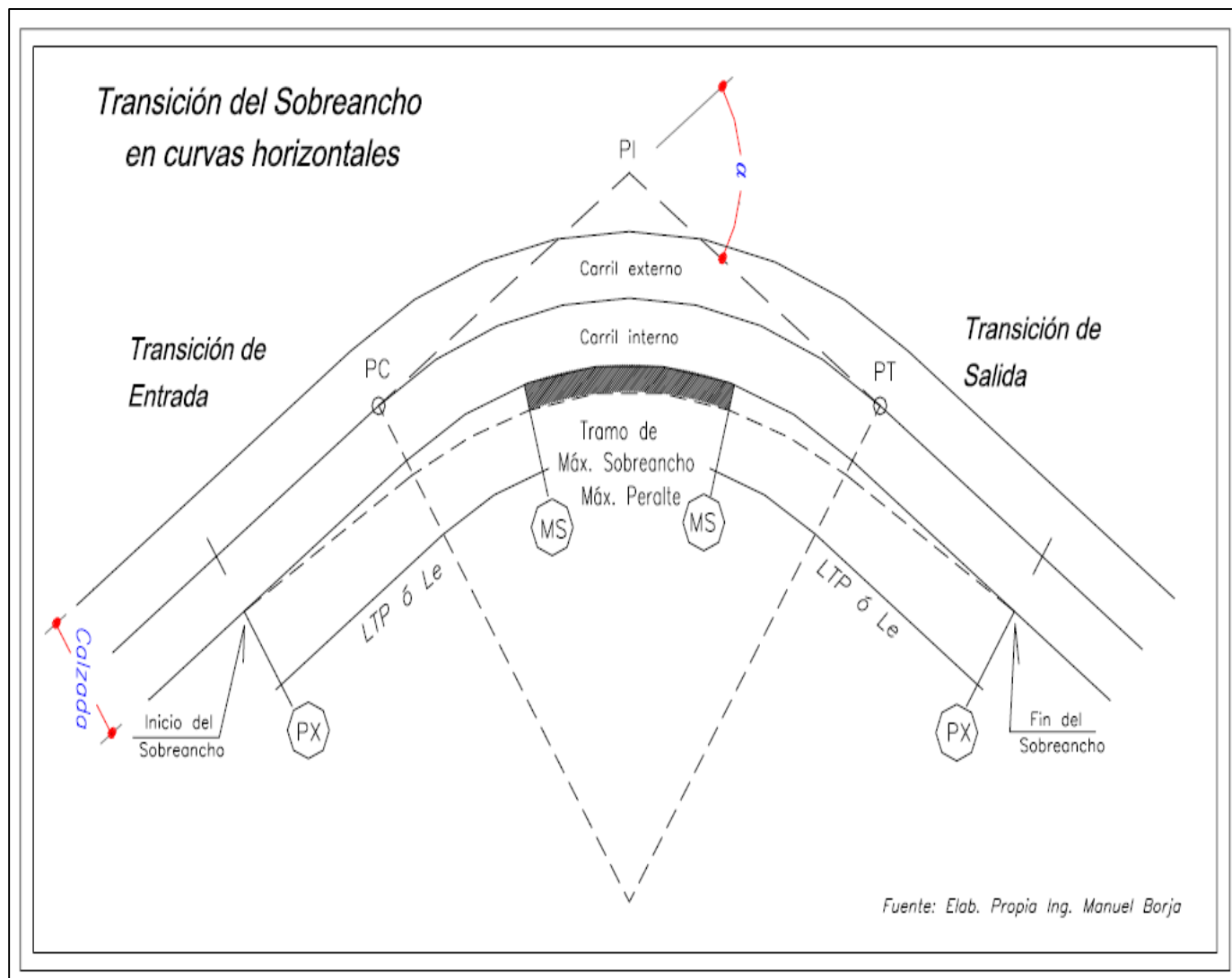
Dónde:

n: número de carriles

R: radio de la curva (m)

L: distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m)

V: velocidad directriz (Km/h)



FUENTE: ING. MANUEL BORJA SUAREZ

3.3.7.6 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (D_p)

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura mayor o igual a 0.15 m, con relación a los ojos del conductor que está a 1.07m sobre la rasante de circulación.



CUADRO 3.10: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA(m)							
Velocidad directriz (Km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	187	310	338	375	267	252	238

FUENTE: DG – 2014

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6% y para velocidades de diseño > a 70km/h.

3.3.7.7 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO O ADELANTAMIENTO (Da)

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.



CUADRO 3.11: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	
Velocidad directriz (Km/h)	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
20	130
30	200
40	270
50	345
60	410
70	485
80	540
90	615
100	670
110	730
120	775
130	815

FUENTE: DG – 2014

3.3.7.8 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES (DESPEJE LATERAL)

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida.

De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$a = R (1 - \cos (28.65 D_v/R)) \dots \text{Ec. 04}$$

Donde:

a = Ordenada media o ancho mínimo libre (m).

R = Radio de la curva horizontal (m).



Dv = Distancia de visibilidad de parada o adelantamiento (m).

3.3.8. ALINEAMIENTO VERTICAL

3.3.8.1 GENERALIDADES

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría del camino, Valores Estéticos y Drenaje.

3.3.8.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- ✓ En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- ✓ En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará



sobre el nivel del terreno.

- ✓ En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- ✓ En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- ✓ Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- ✓ Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.
- ✓ Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas.

3.3.8.3 PENDIENTES DE DISEÑO

3.3.8.3.1 PENDIENTE MINIMA

Es conveniente proveer una pendiente mínima de del orden de 0.5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales.



- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5 % excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser 0.5%.

3.3.8.3.2 PENDIENTE MAXIMA

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en el cuadro siguiente, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares.

- En zonas de altitud superior a 3,000 msnm, los valores máximos del **cuadro 3.12**, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en el **cuadro 3.12**.

CUADRO 3.12: PENDIENTES MAXIMAS (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

FUENTE: DG – 2014

- ✓ En casos que se desee pasar de carreteras de primera o segunda clase, a una autopista, las características de estas se deberán adecuar orden superior inmediato.
- ✓ De presentarse casos no contemplados en la presenta tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

3.3.8.4 CURVAS VERTICALES

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la

pendiente, así:

$$K = \frac{L}{A}$$

Dónde:

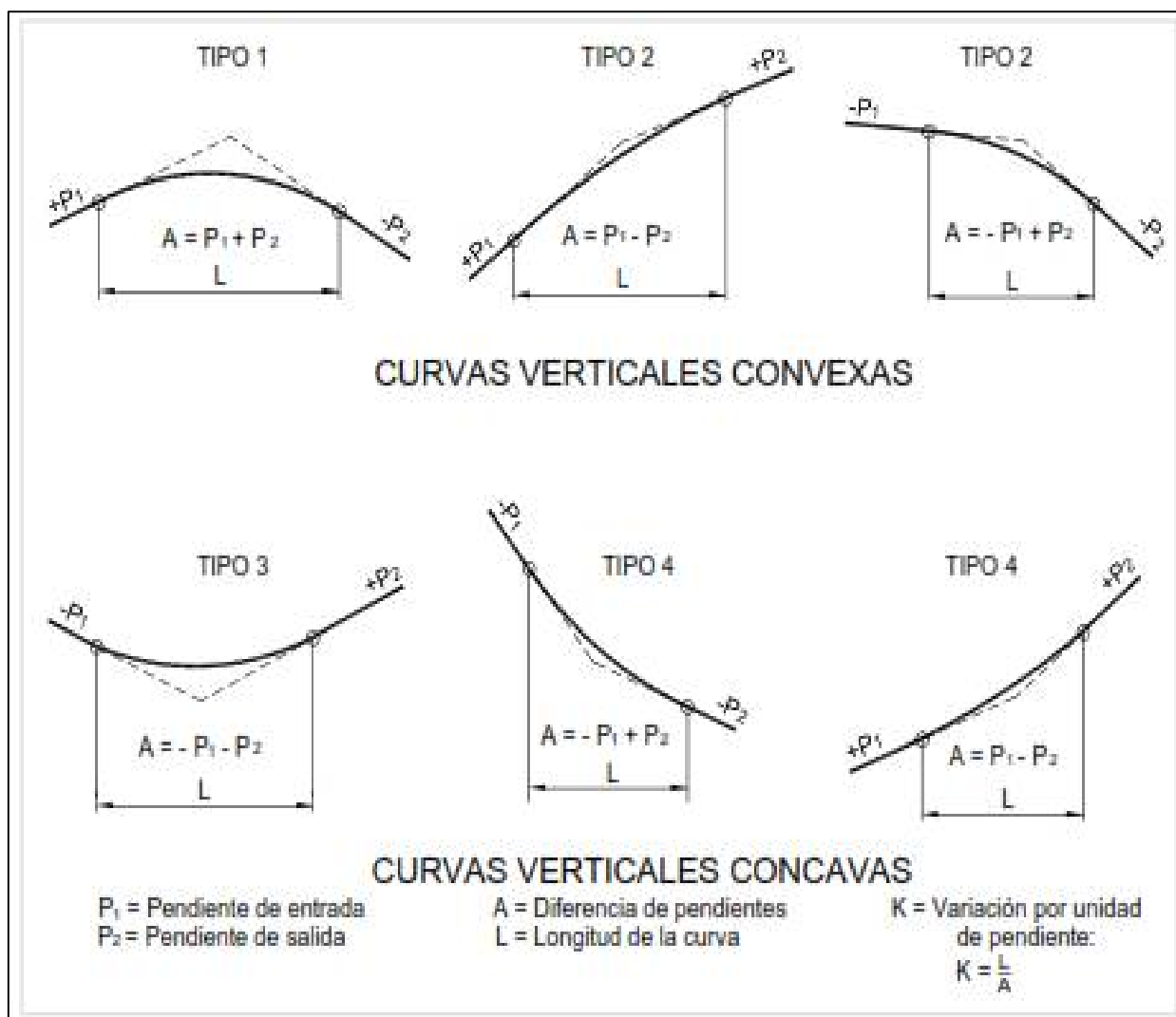
K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

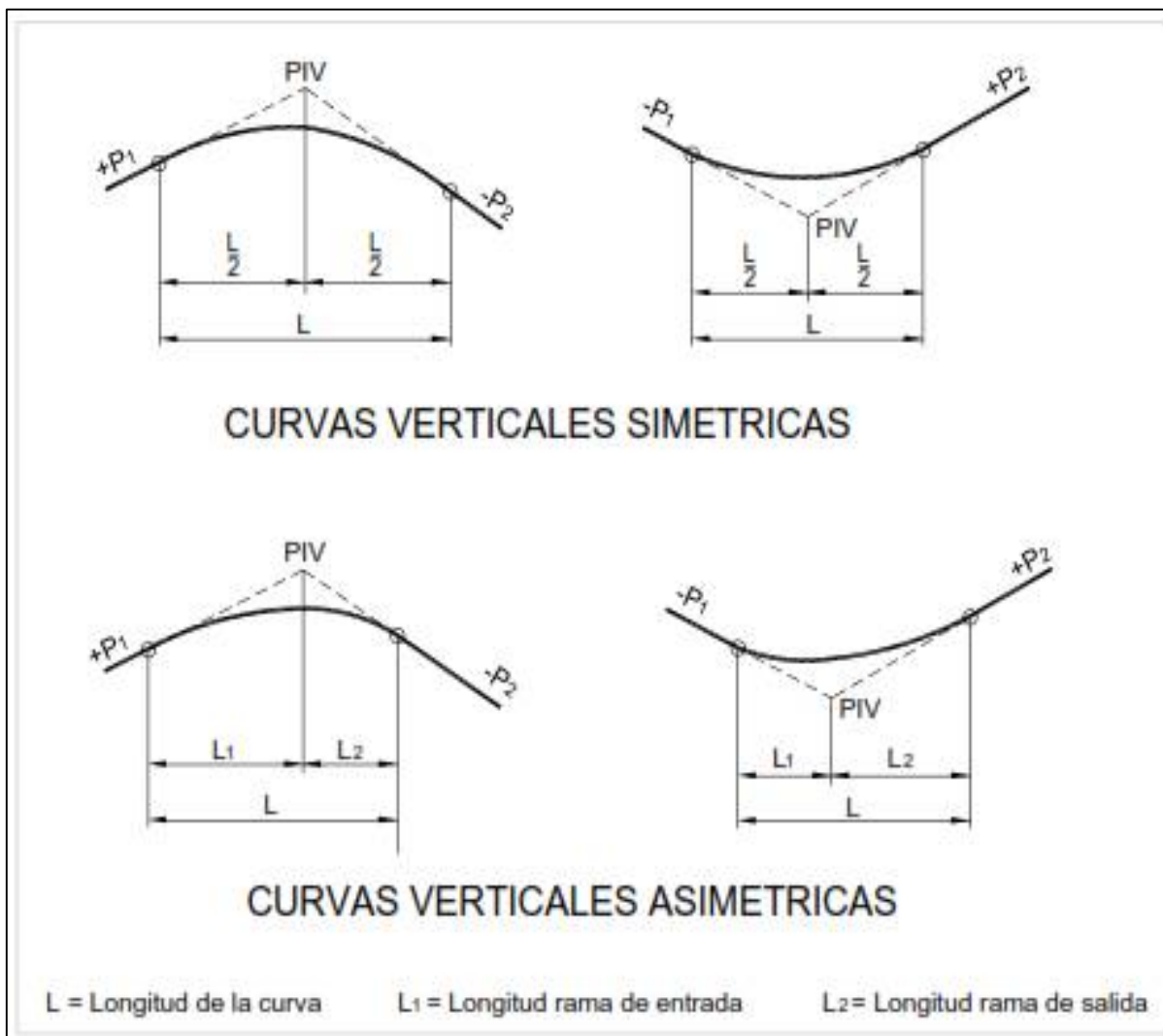
3.3.8.4.1 TIPOS DE CURVAS VERTICALES

✓ **Por su forma :** Convexas y cóncavas.



FUENTE: DG – 2014

✓ **Por la longitud de sus ramas:** Simétricas y asimétricas.



FUENTE: DG – 2014

La CURVA VERTICAL SIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la figura.

La CURVA VERTICAL ASIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L_1 , L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV.



3.3.9. SECCION TRANSVERSAL

3.3.9.1 GENERALIDADES

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

3.3.9.2 ELEMENTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto.

3.3.9.2.1 CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la



berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.
- ✓ En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

3.3.9.2.1.1 ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la siguiente tabla, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
 PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”



CUADRO 3.13 ANCHO DE CALZADA EN TRAMOS EN TANGENTE

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																		6,60	6,00	6,00
40 km/h															6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00
50 km/h											7,20	7,20		7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20		7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60			
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20						
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20									
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20										
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
130 km/h	7,20	7,20																		

FUENTE: DG - 2014

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico



3.3.9.2.2 BERMAS

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

CUADRO 3.14: ANCHO DE BERMAS

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0,50	0,50
40 km/h																1,20	1,20	0,90	0,50	
50 km/h												2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90
60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20	1,20		
80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00			1,20	1,20		
90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
110 km/h	3,00	3,00			3,00															
120 km/h	3,00	3,00			3,00															
130 km/h	3,00																			

FUENTE: DG - 2014

Notas:

- Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4).
- Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase.
- Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos.



3.3.9.2.2.1 INCLINACION DE BERMAS

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- ✓ En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- ✓ La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- ✓ La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

3.3.9.2.3 BOMBEO

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La siguiente tabla especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

CUADRO 3.15: BOMBEO DE LA CALZADA		
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5 - 3,0
Afirmado	3,0 - 3,5	3,0 - 4,50

FUENTE: DG - 2014

3.3.9.2.4 PERALTE

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

CUADRO 3.16: VALORES DE RADIO MINIMO Y PERALTES

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{máx.}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4,0	0,18	14,3	15
30	4,0	0,17	33,7	35
40	4,0	0,17	60,0	60
50	4,0	0,16	98,4	100
60	4,0	0,15	149,1	150
20	6,0	0,18	13,1	15
30	6,0	0,17	30,8	30
40	6,0	0,17	54,7	55
50	6,0	0,16	89,4	90
60	6,0	0,15	134,9	135
20	8,0	0,18	12,1,	10
30	8,0	0,17	28,3	30
40	8,0	0,17	50,4	50
50	8,0	0,16	82,0	80
60	8,0	0,15	123,2	125
20	10,0	0,18	11,2	10
30	10,0	0,17	26,2	25
40	10,0	0,17	46,6	45
50	10,0	0,16	75,7	75
60	10,0	0,15	113,3	115
20	12,0	0,18	10,5	10
30	12,0	0,17	24,4	25
40	12,0	0,17	43,4	45
50	12,0	0,16	70,3	70
60	12,0	0,15	104,9	105

FUENTE: DG - 2014

3.3.9.2.5 TALUDES

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

**CUADRO 3.17: VALORES REFERENCIALES PARA TALUDES DE
CORTE (H:V)**

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limoarcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

FUENTE: DG - 2014

Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la siguiente tabla se muestra taludes referenciales.



**CUADRO 3.18: VALORES REFERENCIALES PARA TALUDES DE
RELLENO (TERRAPLENES) (V:H)**

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

FUENTE: DG - 2014

3.3.9.2.6 CUNETAS

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0,5% para cunetas sin revestir.



CUADRO 3.19: DIMENSIONES MÍNIMAS DE CUNETAS		
REGIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.2	0.5
Lluviosa	0.3	0.75
Muy lluviosa	0.5	1

3.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Los criterios seguidos para el trazo y diseño geométrico han sido tomados del: Manual De Diseño geométrico de Carreteras (DG – 2014), determinándose las siguientes características:

3.4.1. CLASIFICACION DE LA CARRETERA

3.4.1.1. POR LA DEMANDA

Según el **cuadro 3.3**, es una carretera de tercera clase, con IMDA menor a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente, para el diseño se estableció un ancho de calzada de 6 m, de dos carriles.



3.4.1.2. SEGÚN CONDICIONES OROGRAFICAS

Según el **cuadro 3.4**, tenemos una orografía del TIPO 1 ya que las pendientes longitudinales predominantes excepcionales son menores al 3 %.

3.4.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Tiene por objeto estudiar las condiciones del tráfico actual y proyectarlas durante la vida útil del proyecto. Las condiciones del tráfico actuales están definidas por su composición y cantidad, la composición nos permitirá definir los tópicos y la cantidad de Cada uno de ellos para el punto de partida para la proyección del tráfico.

En el presente estudio se presentan los resultados de las proyecciones del tráfico que servirán de base para la definición de las características técnicas del proyecto.

3.4.2.1 ESTACIÓN DE CONTEO

Prevía verificación de campo y recorrido de la ruta del proyecto se procede a identificar una estación de conteo vehicular mediante la cual el aforador se ubica en un lugar estratégico y conveniente desde donde se realiza el conteo diario por tipo y clase de vehículos.

3.4.2.2 PERIODO DE ESTUDIO EN EL CAMPO

La estación de conteo se ubicó en el km 0 + 000 de la Trocha Carrozable "CP. Insculas – CP. El Faique", Operando las 24 horas del día, entre los días 8 y 14 de Agosto del 2016, durante 7 días incluyendo días laborables y un fin de semana.



REGISTRO DEL CONTEO VEHICULAR

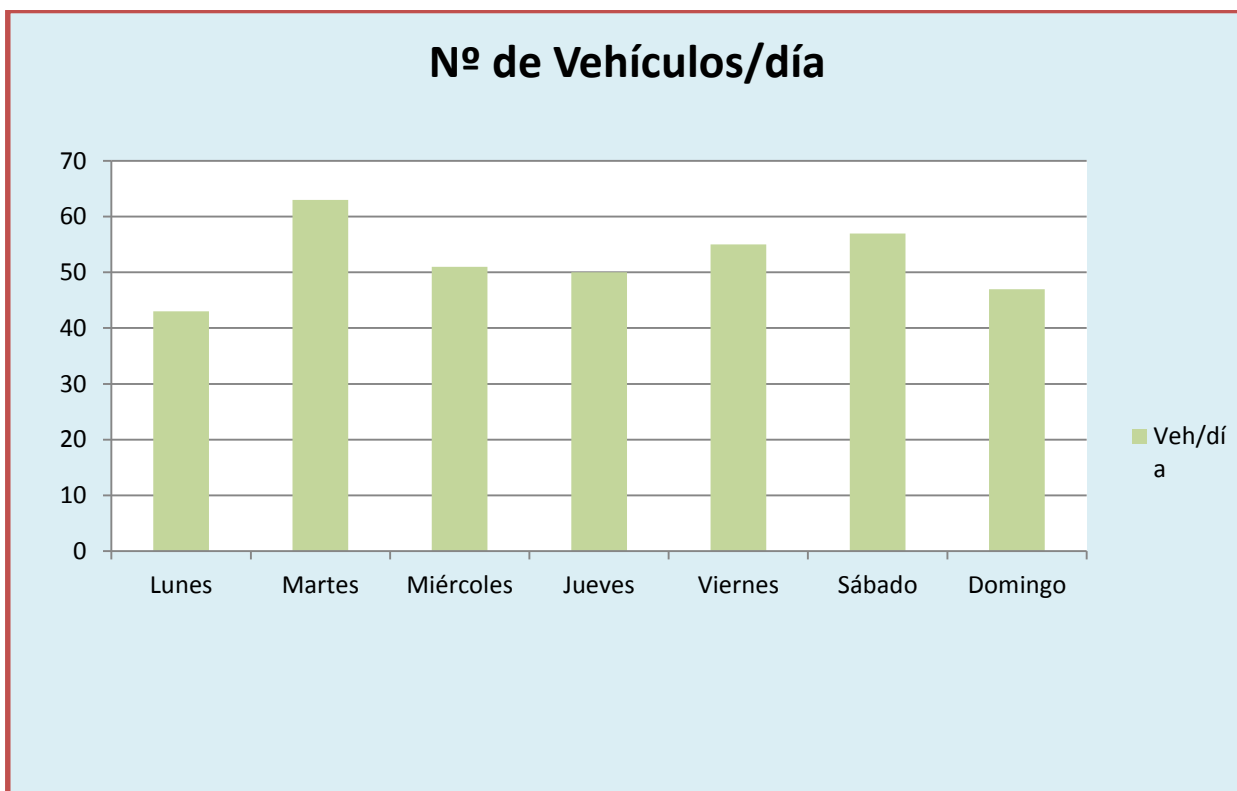
CP. INSCULAS – CP. TEL FAIQUE

i) Resumen del conteo de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultado del conteo de tráfico:

Mes: **AGOSTO**

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil	11	17	14	12	16	15	12
Camioneta Pick Up	5	11	10	11	11	12	9
Camioneta Rural	13	15	12	10	9	11	10
Camión 2E	10	13	10	11	12	13	11
Camión 3E	4	7	5	6	7	6	5
TOTAL	43	63	51	50	55	57	47



Afluencia de Vehículos del 8 al 14 de Agosto del 2016.



ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino: **ESTACION DE PEAJE MOCCE (P039)**

F.C.E. Vehículos ligeros: 0.91406

F.C.E. Vehículos pesados: 0.91597

Nota: Utilizar los datos del Ministerio de Transportes

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_s * FC \qquad IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Dónde:	IMD _s =	Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
	IMD _a =	Índice Medio Anual
	Vi =	Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
	FC =	Factores de Corrección Estacional



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”



Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automóvil	11	17	14	12	16	15	12	97	14	0.91406	13
Camioneta Pick Up	5	11	10	11	11	12	9	69	10	0.91406	9
Camioneta Rural	13	15	12	10	9	11	10	80	11	0.91406	10
Camión 2E	10	13	10	11	12	13	11	80	11	0.91597	10
Camión 3E	4	7	5	6	7	6	5	40	6	0.91597	5
TOTAL	43	63	51	50	55	57	47				47

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	13	27.66
Camioneta Pick Up	9	19.15
Camioneta Rural	10	21.28
Camión 2E	10	21.28
Camión 3E	5	10.64
IMD	47	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
 PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”



Demanda Proyectada

Para la proyección de la demanda utilizar la siguiente fórmula:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde:

T_n =	Tránsito proyectado al año en vehículo por día
T_0 =	Tránsito actual (año base) en vehículo por día
n =	año futuro de proyección
r =	tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento x Región en %	$r_{vp} = 1.50$ Tasa de Crecimiento Anual de la Población $r_{vc} = 3.00$ Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional	(para vehículos de pasajeros) (para vehículos de carga)
--	---	--

PROYECCIÓN DE TRÁFICO - SITUACION SIN PROYECTO

1-10 AÑOS

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	47	47	47	48	49	52	53	53	53	55	56
Automóvil	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15
Camioneta Pick Up	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
Camioneta Rural	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11
Camión 2E	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13
Camión 3E	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”



Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	15

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC

PROYECCIÓN DE TRÁFICO - SITUACIÓN CON PROYECTO.

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	47	47	47	48	49	52	53	53	53	55	56
Automóvil	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15
Camioneta Pick Up	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10
Camioneta Rural	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11
Camión 2E	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13
Camión 3E	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7
Tráfico Generado	0	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9
Automóvil	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camioneta Pick Up	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Camioneta Rural	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camión 2E	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Camión 3E	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IMD TOTAL	47	55	55	56	57	61	62	62	62	64	65



Tráfico Proyectado por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
AUTOMOVIL	17	26.15
CAMIONETA PICK UP	12	18.46
CAMIONETA RURAL	13	20.00
CAMIÓN 2E	15	23.08
CAMIÓN 2E	8	12.31
IMD	65	100.00%

3.4.3. DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA

3.4.3.1 VELOCIDAD DIRECTRIZ

Según **cuadro 3.7**, se consideró una velocidad directriz de 50 Km/h, por ser una carretera de tercera clase y orografía plana.

3.4.3.2 TRAMOS EN TANGENTE

L min.s : 1,39 V = 69 m.
L min.o : 2,78 V = 139 m.
L máx : 16,70 V = 835 m.

VERIFICACION DE LONGITUDES DE LOS TRAMOS EN TANGENTE ENTRE CURVAS

Tramo Tangente	Radio R(m)	Distancia (m)	Tangente(m)	LTT(m)	Ang. de Deflexión		Clasificación "S" ; " O "	L. min (m)	Verificación
					Grados	Sentido			
PI 00 - PI 01		372.57							
PI 01 - PI 02	160.0	299.67	43.52	236.27	30.43	D	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 02 - PI 03	480.0	228.35	19.88	173.24	4.74	D	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 03 - PI 04	180.0	467.70	35.23	408.35	22.15	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 04 - PI 05	180.0	151.15	24.12	96.54	15.27	I	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 05 - PI 06	155.0	366.72	30.49	298.04	22.25	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 06 - PI 07	380.0	765.41	38.20	714.22	11.48	D	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 07 - PI 08	280.0	188.79	13.00	127.68	5.31	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 08 - PI 09	160.0	202.73	48.11	91.71	33.47	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 09 - PI 10	155.0	331.02	62.91	202.10	44.18	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 10 - PI 11	160.0	274.86	66.01	134.61	44.84	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 11 - PI 12	170.0	444.59	74.24	370.35	47.18	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 12 - PI 13	165.0	134.25	16.32	117.93	11.30	D	L. min. S (m)	69.0	cumple

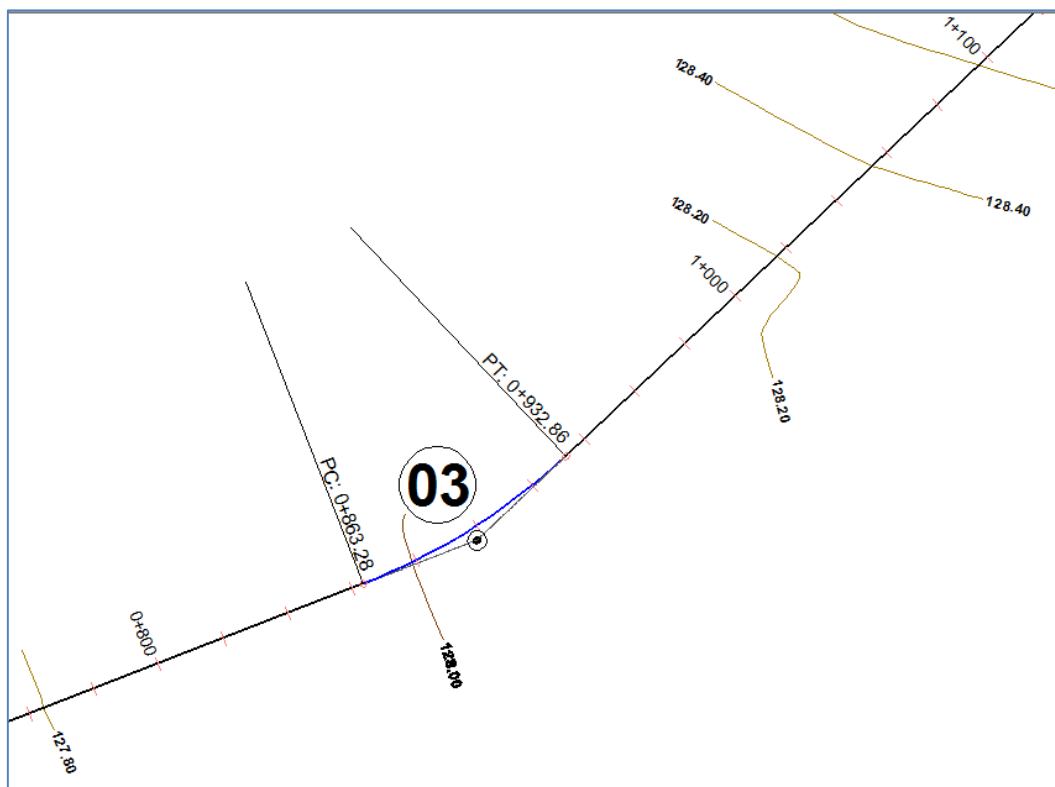


CUADRO 3.7 VERIFICACION DE LONGITUDES DE LOS TRAMOS EN TANGENTE ENTRE CURVAS

Tramo Tangente	Radio R(m)	Distancia (m)	Tangente(m)	LTT(m)	Ang. de Deflexión		Clasificación "S" ; "O"	L. min (m)	Verificación
					Grados	Sentido			
PI 13 - PI 14	155.0	157.54	18.04	139.50	13.28	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 14 - PI 15	160.0	161.46	23.36	138.10	16.61	I	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 15 - PI 16	155.0	218.02	60.41	157.61	42.59	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 16 - PI 17	160.0	217.67	82.39	135.28	54.49	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 17 - PI 18	155.0	212.48	51.74	160.74	36.92	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 18 - PI 19	180.0	240.42	72.22	168.20	43.72	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 19 - PI 20	160.0	235.48	80.65	154.83	53.50	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 20 - PI 21	320.0	372.64	49.46	323.18	17.57	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 21 - PI 22	190.0	188.41	47.04	141.37	27.81	I	L. min. O (m)	139.0	cumple
PI 22 - PI 23	210.0	223.16	48.44	174.72	25.98	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 23 - PI 24	240.0	224.58	46.78	177.80	22.06	I	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 24 - PI 25	280.0	339.03	47.62	291.42	19.30	D	L. min. S (m)	69.0	cumple
PI 24 - PI 26	170.0	248.88	140.16	108.72	79.01	D	L. min. O (m)	139.0	cumple

3.4.3.3 CURVAS CIRCULARES

CALCULO DE LA CURVA HORIZONTAL N° 3





$$PI = 0 + 898.51$$

$$\Delta = 22^{\circ}08'52''$$

$$R = 180 \text{ m}$$

$$T = R * \text{Tang} \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 35.23 \text{ m}$$

$$LC = R * \frac{\pi * \Delta}{180} = 69.58 \text{ m}$$

$$Km(PC) = Km(PI) - T = 0 + 898.51 - 35.23 = 0 + 863.28$$

$$Km(PT) = Km(PC) + LC = 0 + 863.28 + 69.58 = 0 + 932.86$$



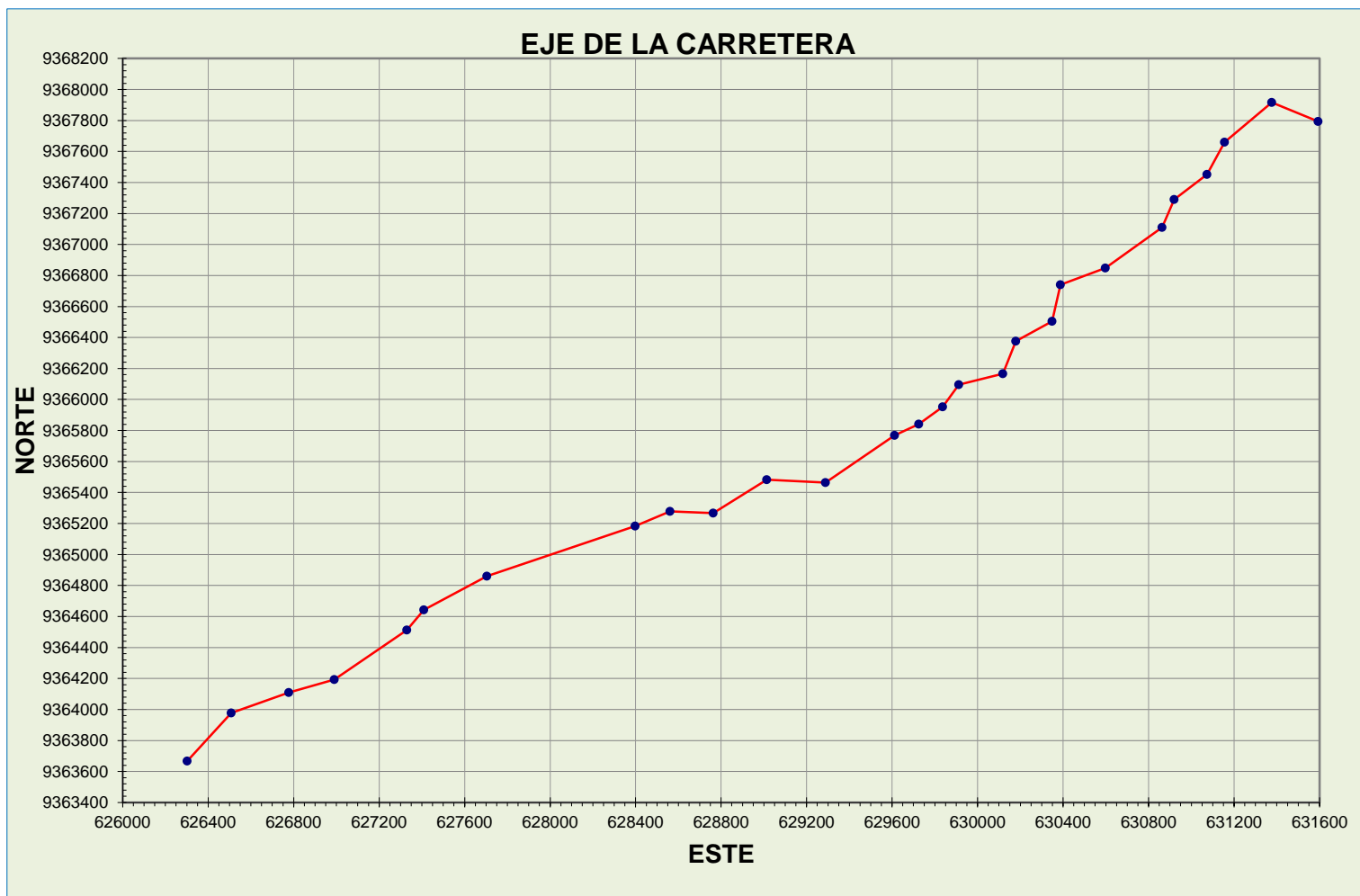
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVAS CIRCULARES

PI	Ang. Deflex.			S	DIST Pis	RADIO	T	LC	C	E	Kilometrajes			calculo de azimut y Rumbo				Coord. Relativas		Coord. Abs. Del PI (UTM)	
											PI	PC	PT	Angulo	Azimut	N°Cde.	Rumbo	X	Y	X	Y
0	°	'	''		372.57	-----	-----	-----	-----	-----	0+000.00	-----	-----	33.575	33.575	1	33.575	-----	-----	626,302.32	9,363,667.58
1	30	26	5	D	299.67	160.00	43.52	84.99	83.99	5.81	0+372.57	0+329.05	0+414.04	30.4347	64.010	1	64.010	206.043	310.414	626,508.37	9,363,977.99
2	4	44	34	D	228.35	480.00	19.88	39.73	39.72	0.41	0+670.19	0+650.31	0+690.04	4.74278	68.753	1	68.753	269.365	131.321	626,777.73	9,364,109.31
3	22	8	52	I	467.70	180.00	35.23	69.58	69.15	3.42	0+898.51	0+863.28	0+932.86	22.1478	46.605	1	46.605	212.825	82.752	626,990.56	9,364,192.07
4	15	15	56	I	151.15	180.00	24.12	47.96	47.82	1.61	1+365.33	1+341.21	1+389.17	15.2656	31.339	1	31.339	339.846	321.324	627,330.40	9,364,513.39
5	22	15	17	D	366.72	155.00	30.49	60.20	59.83	2.97	1+516.20	1+485.71	1+545.92	22.2547	53.594	1	53.594	78.613	129.097	627,409.01	9,364,642.49
6	11	28	46	D	765.41	380.00	38.20	76.13	76.01	1.91	1+882.15	1+843.96	1+920.09	11.4794	65.073	1	65.073	295.149	217.651	627,704.16	9,364,860.14
7	5	18	53	I	188.79	280.00	13.00	25.97	25.96	0.30	2+647.31	2+634.31	2+660.28	5.31472	59.759	1	59.759	694.111	322.588	628,398.27	9,365,182.73
8	33	28	25	D	202.73	160.00	48.11	93.48	92.15	7.08	2+836.08	2+787.96	2+881.44	33.4736	93.232	2	86.768	163.098	95.083	628,561.37	9,365,277.81
9	44	10	50	I	331.02	155.00	62.91	119.52	116.58	12.28	3+036.06	2+973.15	3+092.67	44.1806	49.052	1	49.052	202.410	11.431	628,763.78	9,365,266.38
10	44	50	17	D	274.86	160.00	66.01	125.21	122.04	13.08	3+360.78	3+294.77	3+419.98	44.8381	93.890	2	86.110	250.018	216.942	629,013.80	9,365,483.32
11	47	10	54	I	444.59	170.00	74.24	139.99	136.07	15.50	3+628.83	3+554.59	3+694.58	47.1817	46.708	1	46.708	274.225	18.645	629,288.03	9,365,464.67
12	11	18	2	D	134.25	165.00	16.32	32.54	32.49	0.81	4+064.94	4+048.61	4+081.16	11.3006	58.009	1	58.009	323.606	304.865	629,611.63	9,365,769.54
13	13	16	34	I	157.54	155.00	18.04	35.92	35.84	1.05	4+199.08	4+181.05	4+216.96	13.2761	44.733	1	44.733	113.864	71.126	629,725.50	9,365,840.67
14	16	36	44	I	161.46	160.00	23.36	46.39	46.23	1.70	4+356.46	4+333.10	4+379.49	16.6122	28.120	1	28.120	110.874	111.915	629,836.37	9,365,952.58
15	42	35	10	D	218.02	155.00	60.41	115.21	112.57	11.36	4+517.59	4+457.18	4+572.39	42.5861	70.706	1	70.706	76.100	142.401	629,912.47	9,366,094.98
16	54	29	29	I	217.67	160.00	82.39	152.17	146.50	19.97	4+730.00	4+647.61	4+799.78	54.4914	16.215	1	16.215	205.776	72.036	630,118.25	9,366,167.02
17	36	55	16	D	212.48	155.00	51.74	99.88	98.16	8.41	4+935.06	4+883.32	4+983.20	36.9211	53.136	1	53.136	60.784	209.015	630,179.03	9,366,376.03
18	43	43	25	I	240.42	180.00	72.22	137.36	134.05	13.95	5+143.94	5+071.72	5+209.08	43.7236	9.412	1	9.412	170.000	127.472	630,349.03	9,366,503.50
19	53	30	1	D	235.48	160.00	80.65	149.40	144.03	19.18	5+377.28	5+296.63	5+446.03	53.5003	62.913	1	62.913	39.318	237.180	630,388.35	9,366,740.68
20	17	34	26	I	372.64	320.00	49.46	98.15	97.77	3.80	5+600.87	5+551.40	5+649.55	17.5739	45.339	1	45.339	209.652	107.225	630,598.00	9,366,847.91
21	27	48	38	I	188.41	190.00	47.04	92.22	91.32	5.74	5+972.73	5+925.69	6+017.92	27.8106	17.528	1	17.528	265.052	261.935	630,863.05	9,367,109.85
22	25	58	39	D	223.16	210.00	48.44	95.21	94.40	5.51	6+159.29	6+110.85	6+206.06	25.9775	43.506	1	43.506	56.744	179.660	630,919.80	9,367,289.50
23	22	3	32	I	224.58	240.00	46.78	92.40	91.83	4.52	6+380.78	6+334.00	6+426.40	22.0589	21.447	1	21.447	153.628	161.858	631,073.42	9,367,451.36
24	19	18	12	D	339.03	280.00	47.62	94.33	93.89	4.02	6+604.20	6+556.58	6+650.91	19.3033	40.750	1	40.750	82.114	209.027	631,155.54	9,367,660.39
25	79	0	27	D	248.88	170.00	140.16	234.42	216.28	50.33	6+942.33	6+802.17	7+036.59	79.0075	119.758	2	60.242	221.309	256.839	631,376.85	9,367,917.23
Pi final	0	0	0		0.00		0.000	0.000	0.000	0.000	7+145.31	7+145.31	7+145.31	0	46.708	1	46.708	216.057	123.526	631,592.90	9,367,793.70





3.4.3.3.1 RADIO MINIMO

El radio mínimo se ha calculado según:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{max} + f_{max})}$$

V = 50 km/h

El **e_{max}**, según el manual de diseño geométrico de carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito podrá ser hasta 12%, en nuestro caso usaremos un peralte máximo de 10%.

El valor de f_{max.}, que para una velocidad de diseño de 50 km/h es 0.16

Entonces:

$$R_{min} = 50^2 / 127 (0.01 * 8 + 0.16)$$

$$R_{min} = 80 \text{ m}$$

RADIOS DE DISEÑO UTILIZADOS Y VERIFICACION DE RADIO MINIMO						
# PI	Angulo de deflexión	Sentido	Radio de diseño R(m)	Progresiva inicial	Progresiva final	Verificación de radio mínimo
PI - 01	30° 26' 5"	D	160.0	0+329.05	0+414.04	CUMPLE
PI - 02	4° 44' 34"	D	480.0	0+650.31	0+690.04	CUMPLE
PI - 03	22° 8' 52"	I	180.0	0+863.28	0+932.86	CUMPLE
PI - 04	15° 15' 56"	I	180.0	1+341.21	1+389.17	CUMPLE
PI - 05	22° 15' 17"	D	155.0	1+485.71	1+545.92	CUMPLE
PI - 06	11° 28' 46"	D	380.0	1+843.96	1+920.09	CUMPLE
PI - 07	5° 18' 53"	I	280.0	2+634.31	2+660.28	CUMPLE
PI - 08	33° 28' 25"	D	160.0	2+787.96	2+881.44	CUMPLE
PI - 09	44° 10' 50"	I	155.0	2+973.15	3+092.67	CUMPLE
PI - 10	44° 50' 17"	D	160.0	3+294.77	3+419.98	CUMPLE
PI - 11	47° 10' 54"	I	170.0	3+554.59	3+694.58	CUMPLE
PI - 12	11° 18' 2"	D	165.0	4+048.61	4+081.16	CUMPLE
PI - 13	13° 16' 34"	I	155.0	4+181.05	4+216.96	CUMPLE
PI - 14	16° 36' 44"	I	160.0	4+333.10	4+379.49	CUMPLE
PI - 15	42° 35' 10"	D	155.0	4+457.18	4+572.39	CUMPLE



RADIOS DE DISEÑO UTILIZADOS Y VERIFICACION DE RADIO MINIMO

# PI	Angulo de deflexión	Sentido	Radio de diseño R(m)	Progresiva inicial	Progresiva final	Verificación de radio mínimo
PI - 16	54° 29' 29"	I	160.0	4+647.61	4+799.78	CUMPLE
PI - 17	36° 55' 16"	D	155.0	4+883.32	4+983.20	CUMPLE
PI - 18	43° 43' 25"	I	180.0	5+071.72	5+209.08	CUMPLE
PI - 19	53° 30' 1"	D	160.0	5+296.63	5+446.03	CUMPLE
PI - 20	17° 34' 26"	I	320.0	5+551.40	5+649.55	CUMPLE
PI - 21	27° 48' 38"	I	190.0	5+925.69	6+017.92	CUMPLE
PI - 22	25° 58' 39"	D	210.0	6+110.85	6+206.06	CUMPLE
PI - 23	22° 3' 32"	I	240.0	6+334.00	6+426.40	CUMPLE
PI - 24	19° 18' 12"	D	280.0	6+556.58	6+650.91	CUMPLE
PI - 25	79° 0' 27"	D	170.0	6+802.17	7+036.59	CUMPLE

3.4.3.3.2 SOBREENCHO DE LA CALZADA

Los sobreanchos se emplean en curvas horizontales para lograr la visibilidad del vehículo de ida y de regreso, el camión de diseño es el camión simple 2 ejes (C2).

$$S = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

n: N° de carriles = 2

R: Radio de la curva = (indicado)

L: Long. entre la parte frontal y el eje post. del veh.= 7.3 m

V: Velocidad Directriz (Km/h) = 50



SOBREANCHOS ADOPTADOS POR CURVA

CURVA	RADIO	DISTANCIA PARTE FRONTAL Y EJE POSTERIOR L(m)	# DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ V(km/h)	SOBREANCHO CALCULADO Sa(m)	SOBREANCHO REDONDEADO
1	160	7.3	2	50	0.73	0.70
2	480	7.3	2	50	0.34	0.30
3	180	7.3	2	50	0.67	0.70
4	180	7.3	2	50	0.67	0.70
5	155	7.3	2	50	0.75	0.70
6	380	7.3	2	50	0.40	0.40
7	280	7.3	2	50	0.49	0.50
8	160	7.3	2	50	0.73	0.70
9	155	7.3	2	50	0.75	0.70
10	160	7.3	2	50	0.73	0.70
11	170	7.3	2	50	0.70	0.70
12	165	7.3	2	50	0.71	0.70
13	155	7.3	2	50	0.75	0.70
14	160	7.3	2	50	0.73	0.70
15	155	7.3	2	50	0.75	0.70
16	160	7.3	2	50	0.73	0.70
17	155	7.3	2	50	0.75	0.70
18	180	7.3	2	50	0.67	0.70
19	160	7.3	2	50	0.73	0.70
20	320	7.3	2	50	0.45	0.40
21	190	7.3	2	50	0.64	0.60
22	210	7.3	2	50	0.60	0.60
23	240	7.3	2	50	0.54	0.50
24	280	7.3	2	50	0.49	0.50
25	170	7.3	2	50	0.70	0.70

3.4.4. DISEÑO GEOMETRICO EN PERFIL

3.4.4.1. CURVAS VERTICALES

CURVAS VERTICALES

PVI	Progresiva del PVI(Km)	Cota PVI (m)	Pendiente de ingreso (%)	Pendiente de salida (%)	diferencia algébrica de pendientes (A)	Índice de curvatura(K)	Longitud(m)	Longitud asumida(m)	Tipo de curva
1	5 + 896.63	147.16	0.77	-0.32	1.09	138.00	150.42	160.00	Convexa
2	6 + 136.07	146.39	-0.32	0.78	1.10	13.00	14.30	80.00	Cóncava



3.4.5. DISEÑO GEOMETRICO DE LA SECCION TRANSVERSAL

3.4.5.1. ANCHO DE LA CALZADA EN TANGENTE

Del **cuadro 3.13**; se tiene que le corresponde un ancho mínimo en tangente de 6.60 m; optando en nuestro diseño reducir esta condición a un ancho de calzada de 6.0 m, debido a que nuestra carretera es de tercera clase y no cuenta con un tráfico vehicular elevado.

3.4.5.2. ANCHO DE TRAMOS EN CURVA

Al ancho de calzada asumido en los tramos en tangente se le adicionara los sobreanchos correspondientes a las curvas.

3.4.5.3. ANCHO DE BERMAS

Del **cuadro 3.14**; se tiene que le corresponde un ancho mínimo en tangente de 1.20 m; optando en nuestro diseño asumir esta condición.

3.4.5.4. BOMBEO

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, de acuerdo al **cuadro 3.15**, se asumió un bombeo de 2%, que está en función al tipo de superficie de rodadura y las precipitaciones.

3.4.5.5. PERALTE

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo, de acuerdo al **cuadro 3.16**, se asumió un peralte de 8%, por ser una vía ubicada en zona rural y topografía plana.



3.4.5.6. TALUDES

✓ **CORTE:** Se asumió un talud (H: V) de 1:1, por predominar suelos limosos, arcillosos y gravas y las alturas de corte ser menores a 5m.

✓ **RELLENO:** Se asumió un talud (V: H) de 1:1.5, por que las alturas de relleno son menores a 5m.

3.4.5.7. CUNETAS

Para nuestro diseño no se consideraron cunetas, porque el nivel de rasante ira sobre el nivel de terreno natural.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Se muestran en el siguiente cuadro:

CARACTERISTICAS	VALOR
Topografía	Plana
Clasificación de la Carretera	Tercera Clase
Índice medio diario anual	65 veh/día
Velocidad Directriz	50 km/h
Radio Mínimo de Curvas Horizontales	80.00 m
Ancho de Superficie de Rodadura	6.000 m
Ancho de berma	1.20 m
Sobreeancho	Indicado para cada curva
Bombeo de Superficie de Rodadura	2%
Peralte en Curvas	8% máximo
Pendiente máxima	0.79%
Pendiente mínima	-0.16%
Taludes de Corte Suelos Limoarcillos o Arcillo	1:1
Taludes de Relleno Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1:1.5



PLATAFORMA DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADA

Tramo	km a km	Ancho de plataforma (m)	Taludes de relleno	Taludes de corte
			V : H	H : V
1	0 + 000 a 1+ 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
2	1 + 000 a 2 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
3	2 + 000 a 3 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
4	3 + 000 a 4 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
5	4 + 000 a 5 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
6	5 + 000 a 6 + 000	8.40	1 : 1.50	1 : 1
7	6 + 000 a 7 + 145.31	8.40	1 : 1.50	1 : 1

3.5. VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.5.1 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

Una vez dibujados los perfiles transversales del terreno, se procedió a colocar la Plataforma de Construcción en el nivel que indicó la cota de la subrasante, determinando de esta forma Áreas de Corte y/o de relleno en la sección transversal.

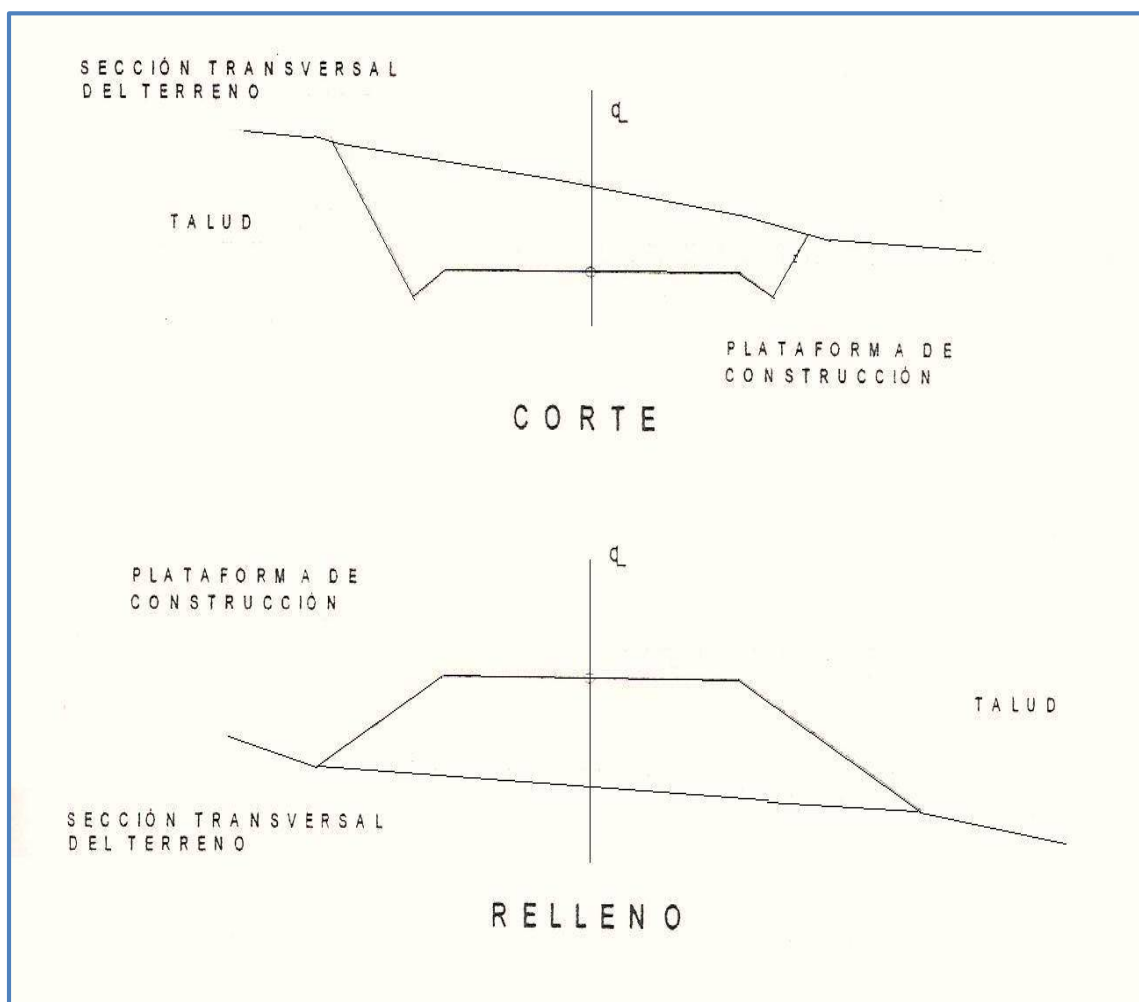
La determinación de dichas áreas puede hacerse por varios procedimientos. Sin embargo, normalmente se emplea el Método del Planímetro ya que las secciones se dibujan a la misma escala horizontal como vertical permitiendo obtener rápidamente el área, ya sea en corte o relleno, limitada por el perfil del terreno natural, la sección o plataforma del camino y los taludes de corte o relleno.

Otro procedimiento que se puede seguir para determinar las áreas de las secciones, es el de contar materialmente los cuadros del papel milimétrico que están comprendidos dentro de la superficie que se desea medir. Se comienza por los centímetros cuadrados completos, que

representan metros cuadrados. Después, se cuentan los cuartos de centímetro cuadrado, se continúa con los milímetros cuadrados completos y se termina con las fracciones de milímetros cuadrados, agrupándolas para formar milímetros cuadrados completos.

Sin embargo, en este caso se han obtenido las áreas de corte y relleno con la ayuda de un Programa de Computación llamado AUTOCAD CIVIL 3D.

CASO GENÉRICO DE AREAS DE CORTE Y RELLENO EN SECCIÓN TRANSVERSAL





3.5.2 DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para la obtención de los volúmenes de corte y relleno a lo largo del trazo, existen variados criterios, por ejemplo, el Método o Criterio de las Áreas Medias proporciona una aproximación no del todo exacta, pero tiene la ventaja de ser simple y muy fácil de aplicar. Algunos autores señalan la posibilidad de usar otras fórmulas como la del prismoide, que consiste en sustituir la forma irregular del terreno por un volumen generación conocida, además de tener en cuenta correcciones para los tramos en curva, todo esto apuntando a conseguir una ubicación exacta.

En nuestro medio se ha generalizado la aplicación del Método de las Áreas Medias, el mismo que tiene aplicación cuando las secciones transversales del terreno han sido obtenidas normalmente al eje, lo que se

ha cumplido en el presente caso. Los volúmenes de Corte (V_c) y de Relleno (V_r) están dados en forma general, por las siguientes fórmulas:

$$V_c = \frac{Ac_1 + Ac_2}{2} x D \quad \text{..... (a)}$$

$$V_r = \frac{Ar_1 + Ar_2}{2} x D \quad \text{..... (b)}$$

Dónde:

Ac_1 y Ac_2 : Áreas de Corte en dos secciones transversales consecutivas.

Ar_1 y Ar_2 : Áreas de Relleno en dos secciones transversales consecutivas.

D: Distancia entre las dos secciones transversales consecutivas.

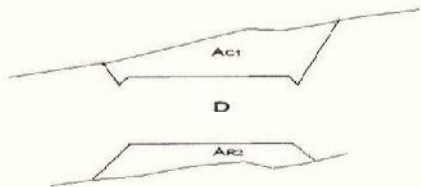
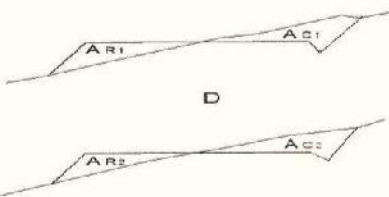
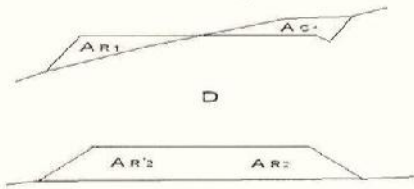
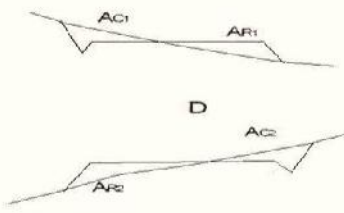
Sin embargo, se presentan los siguientes casos en la práctica, los mismos que se mencionan a continuación.

1. Cuando un perfil está en Corte y otro en Relleno.
2. Cuando los perfiles están a media ladera correspondiéndose las áreas de Corte y las de Relleno.

3. Si uno de los perfiles está en corte completo o en relleno completo y el otro está a media ladera.
4. Si los perfiles están a media ladera, pero no se corresponden las superficies de Corte y Relleno.

CÁLCULO DE VOLÚMENES DE MOVIMIENTO DE TIERRA POR EL MÉTODO DEL ÁREA

MEDIA

1°		$V_C = \left(\frac{AC_1^2}{AC_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2}$ $V_R = \left(\frac{AR_2^2}{AC_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2}$
2°		$V_C = \left(\frac{AC_1 + AC_2}{2} \right) \times D$ $V_R = \left(\frac{AR_1 + AR_2}{2} \right) \times D$
3°		$V_C = \left(\frac{AC_1^2}{AC_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2}$ $V_R = \left(\frac{AR_2^2}{AR_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2}$ $V_R = \left(\frac{AR_1 + AR_2}{2} \right) \times D$
4°		$V_C = \left(\frac{AC_1^2}{AC_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2} + \left(\frac{AC_2^2}{AC_2 + AR_1} \right) \times \frac{D}{2}$ $V_R = \left(\frac{AR_2^2}{AC_1 + AR_2} \right) \times \frac{D}{2} + \left(\frac{AR_1^2}{AC_2 + AR_1} \right) \times \frac{D}{2}$



CAPITULO IV

ESTUDIO DE

MECÁNICA DE

SUELOS



4.1. GENERALIDADES

El suelo, material bastante abundante y de uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción, muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurre a realizar análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo.

Los Ingenieros Civiles dividen a los materiales de la corteza terrestre en dos categorías: suelos y rocas. Definen al suelo, como un material compuesto por partículas minerales y las rocas como materiales compuestos de partículas, minerales que están unidas por fuerzas de cohesión.

Si se sobrepasan los límites de capacidad resistente del suelo o si aun sin llegar a ella, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en las estructuras, que originan deformaciones como: grietas y alabeo.

4.2. ANÁLISIS DE MUESTRAS

Guiándose del Manual de Ensayos de Materiales, en la Sección de Suelos, el ensayo MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC E 101 se siguió el siguiente procedimiento:

4.2.1. Toma de Muestras:

En el presente estudio se han realizado excavaciones (calicatas) con palana y pico, a una profundidad de 2.0 m aproximadamente con respecto al terreno natural ya que se recomienda realizar un excavación de 1.5m de profundidad como mínimo respecto al nivel de Subrasante, la separación entre calicatas asumida fue de 1000m.

He obtenido muestras alteradas para los ensayos de la siguiente manera:

- Para la Clasificación visual en el campo tome muestras pequeñas entre 50 a 200 g aproximadamente.
- Para el Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares se tomó muestras entre 1.5 a 2.5 kg.



- Para el Ensayo de compactación y granulometría de suelo-agregado granular se tomó muestras entre 25 a 30 kg.

4.2.2. Identificación de muestras:

Se identificó cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colocando una identificación dentro de las bolsas, cerrando en forma segura, protegiéndolo del manejo rudo para evitar el rompimiento de las bolsas y marcando exteriormente con una identificación apropiada. Para las muestras que servirán para la determinación de la humedad natural las coloque en recipientes de cierre hermético para evitar pérdidas de la misma, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad.

4.2.3. Clasificación del Material

Las muestras para ensayos de suelos y rocas se enviaron al **Laboratorio Segenma** (Servicios de Exploración Geotécnica, Asfalto y Ensayos de Materiales), para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva, de acuerdo con las instrucciones del especialista geotécnico.

Las muestras tomadas sirvieron para la realización de los siguientes ensayos para subrasantes:

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Humedad natural MTC E 108.
- Determinación del límite líquido MTC E 110.
- Determinación del límite plástico MTC E 111.
- Contenido Sales Solubles Totales MTC E 219.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía de Proctor Modificado MTC E 115.
- CBR MTC E 132.



4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Para la valoración de los suelos y por conveniencias de su aplicación, se hace necesario considerar sistemas o métodos para la identificación de los suelos que tienen propiedades similares, según esta identificación con una agrupación o clasificación de las mismas, teniendo en cuenta su origen, características físicas y comportamiento en el campo.

Entre las diferentes clasificaciones de suelos existentes, tenemos:

- Clasificación AASHTO (American Association of State Highway And Transportation Officials).
- Clasificación Unificada (SUCS).

CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO	CLASIFICACIÓN DE SUELOS ASTM (SUCS)
A - 1 - a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A - 1 - b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GP, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

4.3.1. Clasificación AASHTO:

Este sistema describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos básicos que se enumeran (A1 – A7), con base en la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en laboratorio.



La clasificación de grupo será útil para determinar la calidad relativa del material del suelo que se usará en terracerías, sub-bases y bases. Para la clasificación se utilizan las pruebas de límites y los valores de índices de grupo.

Los incrementos de valor de los índices de grupo (IG) reflejan una reducción en la capacidad para soportar cargas por el efecto combinado de aumento de Límite Líquido (L.L.) e Índice de Plasticidad (I.P) y disminución en el porcentaje de material grueso.

Índice de Grupo (IG)

El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice de grupo cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo inutilizable para caminos.

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno



Si se desea una clasificación más detallada, puede hacerse una sub división posterior de los grupos del cuadro anterior, para esto se puede utilizar el siguiente cuadro:

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS - MÉTODO AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS			
	(Igual o menor del 35% pasa el tamiz N°200)							(más del 35% pasa el tamiz N°200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
Porcentaje que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40:											
Límite Líquido (LL)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad (IP)	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmento de Piedra Grava o arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a bueno					Regular a deficiente					



4.3.2. Clasificación unificada de suelos (SUCS):

Esta clasificación de suelos es empleada con frecuencia por ingenieros de carreteras y ha sido adoptada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. Esta clasificación fue presentada por el Dr. Arturo Casagrande, Divide a los suelos en dos grupos: granulares y finos.

En el primer grupo se hallan las gravas, arenas y suelos gravosos arenosos, con pequeñas cantidades de material fino (limo o arcilla). Estos suelos corresponden, en líneas generales a los clasificados como A1, A2 y A3 por la AASHTO y son designados en la siguiente forma:

Gravas o Suelos gravosos: GW, GC, GP, GM

Arenas o Suelos arenosos: SW, SC, SP, SM

Dónde:

G = Grava o suelo gravoso

S = Arena o suelo arenoso

W = Bien graduado

C = Arcilla Inorgánica

P = Mal graduado

M = Limo Inorgánico o arena muy fina

En el segundo grupo se hallan los materiales finos, limosos o arcillosos, de baja o alta plasticidad y son designados en la siguiente forma:

Suelo de mediana o baja plasticidad: ML, CL, OL

Suelos de alta plasticidad: MH, CH, OH

Dónde:

M = Limo Inorgánico.

C = Arcilla.

O = Limos, arcillas y mezclas limo-arcillosas con alto contenido de materia orgánica.

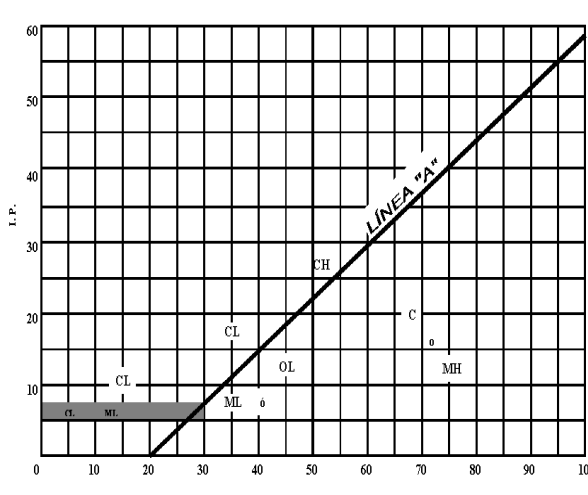
L = Baja o mediana plasticidad.

H = Alta plasticidad.



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR				SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO									
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕ son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.					DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5%: GW, GP, SW, SP; más del 12%: GM, GC, SM, SC. Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren el	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. Cu = D60 / D10Cc = (D30)² / (D10) (D60)								
							NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.								
							LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.		Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de						
							LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.								
							Cu = D60 / D10 mayor de 6 ; Cc = (D30)² / (D10) (D60) entre 1 y 3.								
							No satisfacen <i>todos</i> los requisitos de graduación para SW								
							LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.		Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de						
							LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.								
									Frontera que requieren el uso						
							SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.					G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad	CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)	
															
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.													
	CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.													
	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.													
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.													
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.													
	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.													
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.													

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.

⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.

* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFIJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



UTILIDAD DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

ENSAYO	DATOS OBTENIDOS	UTILIDAD PRACTICA	EN EL PROYECTO
1. CONTENIDO DE HUMEDAD	% de humedad	Cantidad de agua en el suelo	Tipo de suelo
2. LÍMITE LIQUIDO	L. L	Obtención del IP, clasificación SUCS	Tipo de suelo
3. LÍMITE PLÁSTICO	L. P	Obtención del IP, clasificación SUCS	Tipo de suelo
4. GRANULOMETRÍA	Curva granulométrica	Clasificación del suelo de acuerdo a las tamaños	Tipo de suelos
5. CONTENIDO DE SALES	% de sales	Prevención de ataques químicos por acción de sales	Alcantarillas
6. PESO ESPECIFICO RELATIVO	Peso específico relativo de los sólidos	Relaciones gravimétricas y volumétricas de un suelo	Tipo de suelo
7. PROCTOR MODIFICADO	Máxima densidad seca y optimo contenido de humedad	Grado de compactación para capas de relleno	Sub rasante, subbase y base.
8. CALIFORNIA BEARING RATIO	CBR	Evaluar la capacidad de soporte de los suelos.	Sub rasante, subbase y base.

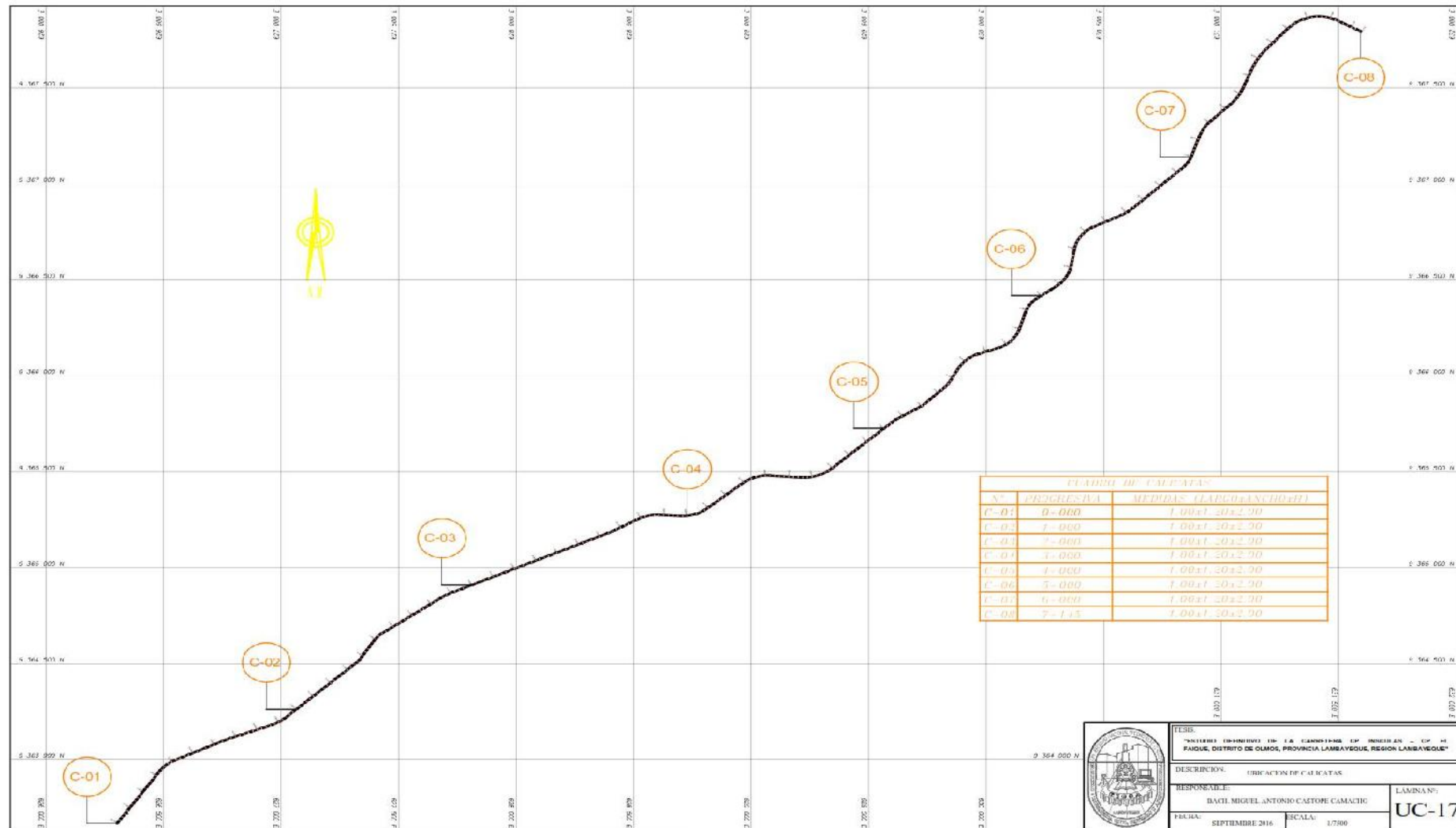


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



4.4. UBICACIÓN DE CALICATAS





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



4.5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

CUADRO DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO														
CALICATA	PROGRESIVA	Constituyente- sales solubles totales (ppm)	Contenido de Humedad	GRANULOMETRIA		LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFI- CACION SUCS	CLASIFICA- CION AASHTO	MAXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	C.B.R. 0.1’’ al 95% M.D.S.	C.B.R. 0.1’’ al 100% M.D.S.
				% Que Pasa Malla #4	% Que Pasa Malla #200	LIMITE LIQUIDO (L.L)	LIMITE PLASTICO (L.P)	INDICE DE PLASTICIDAD (I.P)						
C1	00 + 000	813.01	1.27%	100.00%	67.32%	31.40%	18.22%	13.18%	CL	A-6 (7)	1.83 gr/cm3	14.06%	7.95	12.60
C2	01 + 000	834.03	1.12%	100.00%	70.43%	30.39%	21.50%	8.89%	CL	A-6 (8)	1.87 gr/cm3	16.05%	7.55	11.93
C3	02 + 000	710.23	1.65%	95.74%	40.07%	33.44%	19.55%	13.89%	SC	A-4 (0)	1.90 gr/cm3	11.50%	12.30	19.40
C4	03 + 000	583.77	2.06%	100.00%	36.49%	23.93%	18.06%	5.87%	SM-SC	A-4 (0)	1.88 gr/cm3	12.53%	15.10	23.90
C5	04 + 000	852.51	1.76%	100.00%	26.55%	19.32%	16.55%	2.77%	SM	A-2-4 (0)	1.72 gr/cm3	9.28%	16.95	26.73
C6	05 + 000	897.67	2.37%	93.81%	36.63%	25.76%	20.08%	5.68%	SM-SC	A-4 (0)	1.92 gr/cm3	13.25%	14.97	25.60
C7	06 + 000	981.84	1.98%	96.25%	52.69%	24.30%	16.03%	8.27%	CL	A-4 (1)	1.83 gr/cm3	12.34%	9.56	15.13
C8	07 + 145	428.27	2.15%	99.39%	60.65%	26.85%	13.11%	13.74%	CL	A-6 (5)	1.81 gr/cm3	13.23%	9.00	14.26



4.6. CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

SE CONCLUYE:

- Contenido de Sales:

Según la tabla mostrada se concluye que:

CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATO

EXPOSICIÓN A SULFATOS	SULFATO SOLUBLE EN AGUA, PRESENTE EN EL SUELO COMO SO ₄ % EN SECO	SULFATOS EN AGUA COMO SO ₄ p.p.m.
DESPRECIABLE	0.00 – 0.10	0 – 150
MODERADA	0.10 – 0.20	150 – 1500
SEVERA	0.20 – 2.00	1500 – 10000
MUY SEVERA	SOBRE 2.00	SOBRE 10000

Norma Peruana E-060

Entre los Kilometrajes 00+000 hasta 07+145 aproximadamente el suelo presenta una considerable cantidad de sales que varía entre 428.27 ppm hasta 981.84 ppm, por lo que se clasifica un suelo de agresividad moderada.

Los resultados son los siguientes:

Progresiva:	Constituyente-sales solubles totales (ppm)
00 + 000	813.01
01 + 000	834.03
02 + 000	710.23
03 + 000	583.77
04 + 000	852.51
05 + 000	897.67
06 + 000	981.84
07 + 145	428.27

- Clasificación de Suelos SUCS y ASSHTO:

Los resultados son los siguientes

Calicata:	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO
C1	CL	A-6 (7)
C2	CL	A-6 (8)
C3	SC	A-4 (0)
C4	SM-SC	A-4 (0)
C5	SM	A-2-4 (0)
C6	SM-SC	A-4 (0)
C7	CL	A-4 (1)
C8	CL	A-6 (5)



Según la Tabla mostrada se concluye que:

Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Fuente.- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección: Suelos y Pavimentos

Tramo 1 desde el Km 00+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 02+000, según la clasificación SUCS es un tipo de Suelo Arcilla inorgánica con débil o mediana plasticidad, y por la clasificación AASTHO de suelos según índice de grupo (7 y 8) es un Suelo de Sub Rasante Insuficiente

Tramo 2 parte antes del Km 02+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 03+000, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo Arena Arcillosa, y por la clasificación de suelos AASTHO según índice de grupo (1) es un Suelo de Sub Rasante Muy Bueno.

Tramo 3 parte antes del Km 03+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 04+000, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo Arena Limo Arcillosa, y por la clasificación de suelos AASTHO según índice de grupo (0) es un Suelo de Sub Rasante Muy Bueno.

Tramo 4 parte antes del Km 04+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 05+000, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo Arena Limosa, y por la clasificación de suelos AASTHO según índice de grupo (0) es un Suelo de Sub Rasante Muy Bueno.

Tramo 5 parte antes del Km 05+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 06+000, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo Arena Limo Arcillosa, y por la clasificación de suelos AASTHO según índice de grupo (0) es un Suelo de Sub Rasante Muy Bueno.



Tramo 6 parte antes del Km 06+000 hasta el final del tramo en el Km 07+145, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo Arcilla inorgánica con débil o mediana plasticidad, y por la clasificación de suelos AASTHO según índice de grupo (1 y 5) es un Suelo de Sub Rasante Bueno a Insuficiente.

- Ensayo de Abrasión:

Esta muestra se extrajo de la cantera de afirmado, el cual se realizó el ensayo de abrasión para definir su utilidad o descarte para el diseño del afirmado.

CANTERA DE AFIRMADO: Abrasión = 26.20%, material rocoso fragmentada con rocas promedio de 2.5"

- Ensayo de Proctor Modificado y CBR

Se ejecutaron los ensayos de Pavimentos, los cuales son:

- a) Proctor Modificado (9 ensayos)
- b) C.B.R. (9 ensayos)

Después de realizar los ensayos de suelos los resultados son:

Calicata:	MAXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	C.B.R. 0.1" al 95% M.D.S.
C-1	1.83 gr/cm ³	14.06%	7.95
C-2	1.87 gr/cm ³	16.05%	7.55
C-3	1.90 gr/cm ³	11.50%	12.30
C-4	1.88 gr/cm ³	12.53%	15.10
C-5	1.72 gr/cm ³	9.28%	16.95
C-6	1.92 gr/cm ³	13.25%	14.97
C-7	1.83 gr/cm ³	12.34%	9.56
C-8	1.81 gr/cm ³	13.23%	9.00
CANTERA	2.204 gr/cm ³	5.67%	45.20

Según los resultados obtenidos se puede dividir la longitud de la trocha en tres tramos de acuerdo a las categorías de Sub Rasantes según tabla:



Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente.- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos
Sección: Suelos y Pavimentos

Tramo 1 desde el Km 00+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 02+000, presenta C.B.R. mayor a 6 y menor a 10, lo cual se concluye que es Sub Rasante Regular.

Tramo 2 parte antes del Km 01+000 hasta cierta parte del tramo antes del Km 06+000, presenta C.B.R. mayor a 10 y menor a 20, al se concluye que es Sub Rasante Buena.

Tramo 3 parte ante del Km 06+000 hasta el final del tramo en el Km 07+145, presenta C.B.R. mayor a 6 y menor a 10, lo cual se concluye que es Sub Rasante Regular.

Las muestras de afirmado presenta un C.B.R. mayor a 40% por lo tanto este material si se puede usar como material de afirmado.



CAPITULO V

ESTUDIO DE

CANTERAS



5.1. GENERALIDADES

Existen dos formas para detectar canteras, ya sea a través de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, barrenos y máquinas perforadoras; o a través de estudios geofísicos, que en épocas recientes han alcanzado una gran potencialidad por ahorrar tiempo, esfuerzo humano y mucha exploración.

Asimismo se han extraído muestras de material granular (hormigón) y material fino (arcilla) del Río Cascajal, los mismos que serán utilizados para obtener un material después de varias dosificaciones que cumpla con los requisitos mínimos, el cual será utilizado para la construcción de las capas (bases) del pavimento.

La cantera se encuentra ubicada en el RIO CASCAJAL.

5.2. LOCALIZACION DE CANTERAS EN LA ZONA

Se define como canteras, al afloramiento rocoso del que se extrae piedras, gravas, arenas, etc.; para ser utilizados como material de construcción. Estos yacimientos deberán cumplir ciertas exigencias, como la calidad y cantidad. La calidad se evalúa por medio de las características físicas y mecánicas de sus partículas, valiéndose en este caso del análisis granulométrico, y de los límites de plasticidad; para clasificarlo como excelente, bueno o malo material de construcción.

La cantidad se sustenta en la potencia del yacimiento, que permita y asegure el volumen necesario para ser utilizado en tal o cual obra.

Teniendo en cuenta la calidad y cantidad necesaria para la obra que se proyecte, es necesario elegir cuidadosamente las canteras que se encuentren en el medio, para que al final podamos evaluar y decidir la cantera que combinado en criterio técnico y económico, resulte el mejor.



Es necesario localizar las canteras de tal manera que:

- Tengan una distancia mínima de transporte del material a la obra, que permita aminorar los costos.
- Los materiales de cantera no requieren tratamiento especial para ser utilizados, salvo tamizados.
- Las canteras deben ser utilizadas de manera que su explotación no conlleve a problemas legales que perjudique a los habitantes de la región.

Para la ubicación de canteras nos hemos valido de la información proporcionada por los pobladores de la zona. De la experiencia local, estas presentan antecedentes de explotación para cubrir los requerimientos de los materiales de las obras que se han ejecutado en la zona cuyo resultado reflejan su buena calidad.

5.3. METODOLOGIA

Para el estudio de canteras se ha tenido en cuenta las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto, para identificar aquellos lugares considerados como probable fuente de materiales.
- Elaboración de un programa de exploración de campo.
- Excavación de calicatas para determinar las características del material y potencia. Se realizaron exploraciones proporcionalmente en toda el área de la cantera evaluada.
- En cada calicata excavada, se hizo una descripción: tipo de material encontrado, clasificación técnica; forma del material granular; color; porcentaje estimado de bolonería y presencia de material orgánico, nivel freático, extrayéndose muestras alteradas representativas para su evaluación en el laboratorio.



- Ensayos de laboratorio con el objeto de conocer las características y usos del material de canteras para la sección proyectada del pavimento.

5.4. TRABAJOS DE CAMPO

Estos trabajos consistieron en la excavación de calicatas a mano en la modalidad de cielo abierto a una profundidad promedio entre 1.50 m. en la cual se observó su estratigrafía y profundidad, luego se recolectó una muestra representativa para realizar los ensayos respectivos.

- En campo se realizó una evaluación de los materiales, determinándose la granulometría integral de los agregados existentes, con el fin de determinar, el tamaño máximo de los agregados mayores a 2 pulgadas (bloque y bolones), % de gravas menores a 2 pulgadas y % de arenas, con el fin de hallar rendimientos de la cantera para cada uno de sus usos.
- La clasificación del material menor de 2 pulgadas de diámetro, se determinó en laboratorio mediante el análisis granulométrico de las muestras alteradas representativas de la calicata.

5.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el objeto de determinar las características, propiedades y calidad del material, así como el uso del material sub base y base granular, se realizaron los ensayos considerando las normas técnicas vigentes. (ASTM y Manual de Ensayos de Materiales para carreteras del MTC - EM 2016).

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E 202.
- Determinación del contenido de Humedad natural MTC E 108.



- Determinación del límite líquido MTC E 110.
- Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)
MTC E 111.
- Clasificación de Suelos Sistema AASHTO A.S.T.M.D-3282
- Clasificación de Suelos Sistema SUCS A.S.T.M.D-2487
- Contenido Sales Solubles Totales MTC E 219.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía de Proctor Modificado
MTC E 115.
- California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E 132.
- Ensayo de Abrasión Los Ángeles ASTM C-131, MTC E 207.

5.6. RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

CUADRO DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA CANTERA - RIO CASCAJAL

CALICATA	COORDENADAS (UTM)		Constituyente sales solubles totales (ppm)	Contenido de Humedad	LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACION AASHTO	MAXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	CBR (95%)	ABRASION
	ESTE	NORTE			LIMITE LIQUIDO (L.L)	LIMITE PLASTICO (L.P)	INDICE DE PLASTICIDAD (I.P)					
C1	637063.530	9344279.744	0.190%	8.44%	32.62%	15.86%	16.75%	A - 2 - 6 (1)	2.204g/cm ³	5.67%	45.60	26.20
C2	636865.429	9344237.882	0.037%	16.91%	22.45%	17.50%	4.95%	A - 1 - a (0)	2.02g/cm ³	6.24%	51.50	22.60
C3	636739.395	9344316.523	0.097%	11.23%	27.88%	20.12%	7.76%	A - 2 - 4 (0)	2.03g/cm ³	11.29%	45.10	29.20



5.7. DESCRIPCIÓN DE CANTERA

En el tramo en estudio se ubicó 1 cantera para aprovisionamiento de material para conformar los terraplenes, subbase granular, base granular y diseño de la mezcla asfáltica. Los trabajos de exploración de campo fueron realizados durante el mes de Septiembre del 2016, se realizaron 3 calicatas en el área de influencia de la cantera, para los trabajos antes mencionados se tomaran los agregados de la zona donde se ubicó la calicata N° 2 por presentar mejores propiedades físicas y mecánicas.

A. Cantera Rio Cascajal

Ubicación:

La cantera Rio Cascajal se encuentra ubicada en el Km 98 de la Carretera antigua Panamericana Norte, en la margen izquierda del Rio Cascajal.

Material:

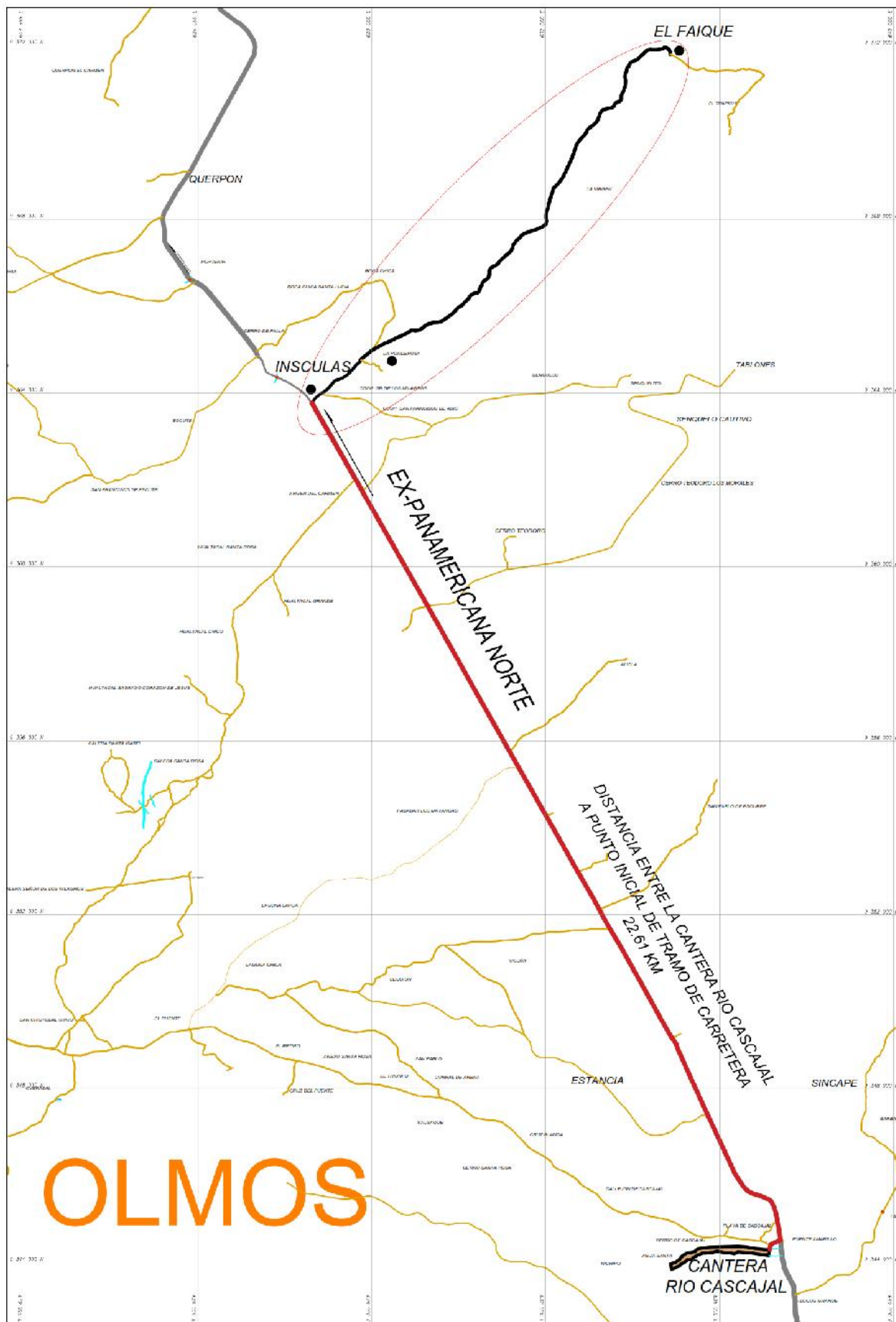
La cantera está conformada por depósitos fluviales - coluviales, se componen por acumulaciones de material redondeado heterométricos con matriz grava arcillosa (conglomerado) arrastrados y depositados por las aguas del río a lo largo de su cauce.

Accesibilidad:

Se podrá hacer un acceso directo con la construcción de una rampa de 50 m, ya que se encuentra al pie de la carretera además que la distancia entre cantera a tramo de carretera es de 22.61 km.



UBICACIÓN DE LA CANTERA RIO CASCAJAL





Uso

En base a la evaluación de los resultados de laboratorio y las Especificaciones Técnicas del MTC EG-2000 se determinó los usos del material proveniente de la Cantera Rio Cascajal.

Esta cantera será utilizada para proveer material de subbase y base granular.

Disponibilidad

Libre disponibilidad - Cantera de propiedad del Centro Poblado Cascajal.

CUADRO Nº 1
RESUMEN DE CARACTERISTICAS CANTERA RIO CASCAJAL

CANTERA "RIO CASCAJAL"	
Ubicación	Km 98 Carretera - Antigua Panamericana Norte, margen izquierdo
Acceso	A 50 m. (construir acceso) del eje de la vía
Potencia	54,204.50 m3
Uso	Subbase y Base Granular
Tratamiento	Para la Subbase y Base Granular el material será chancado (según tamaños requeridos por especificaciones), utilizando maquinaria tipo chancadora y zarandas
Material	Piedra
Piedra > 2"	10%.
Forma	Canto Rodado.
Rendimiento	85%.
Propiedad	Terceros



Rendimientos de las Canteras

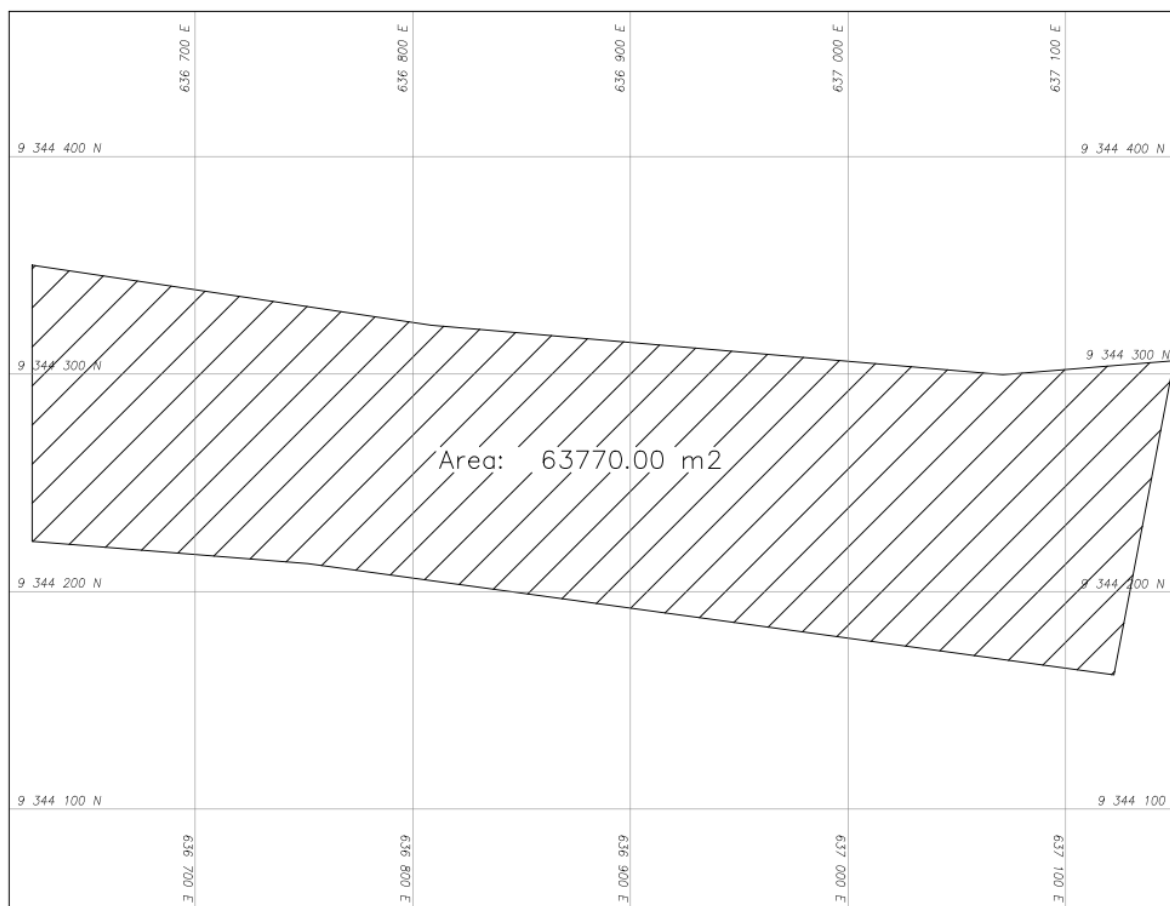
En base a los resultados de Laboratorio y a la información de los espesores de las capas utilizables de los reportes de prospecciones y al área disponible de la cantera se calculó el volumen bruto del material.

En el Cuadro siguiente "Rendimiento de la Cantera", se muestra el área, espesor y la potencia estimada utilizable de la cantera.

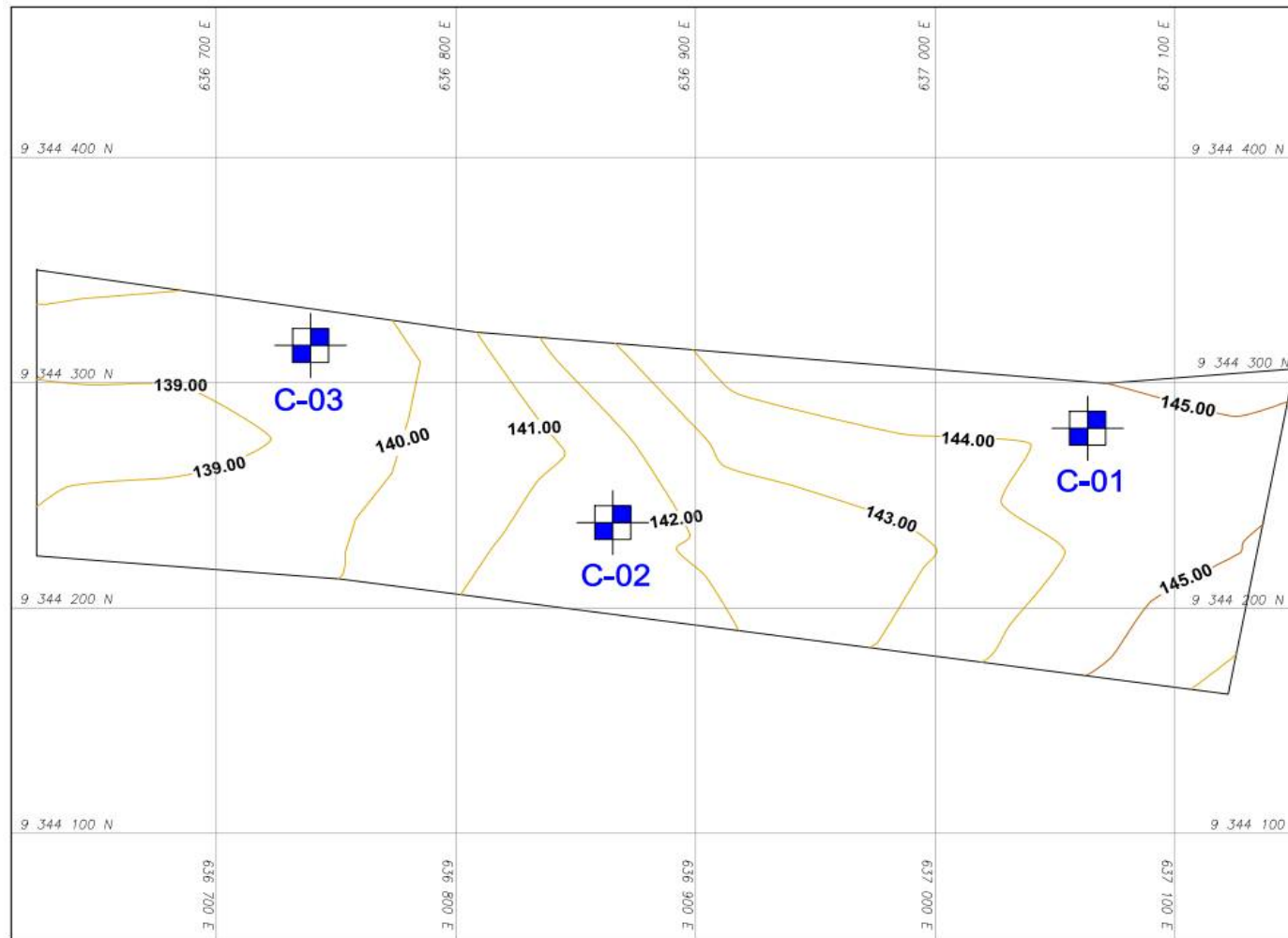
CUADRO Nº 2
RENDIMIENTO DE LA CANTERA

CANTERA	AREA (m ²)	ALTURA PROMEDIO (m)	POTENCIA (m ³)
Rio Cascajal	63,770.00	0.85	54,204.50

AREA DE CANTERA "RIO CASCAJAL"



UBICACIÓN DE CALICATAS EN LA CANTERA "RIO CASCAJAL"





CAPITULO VI

ESTUDIO DEL PAVIMENTO



6.1 GENERALIDADES

La función del pavimento es resistir los efectos de abrasión del tránsito y de las condiciones climatológicas de la zona que la carretera atraviesa; al transmitir las cargas a la subrasante, lo hace de tal forma que éstas se reparten en un área cónica que es cada vez mayor a manera que se profundizan en el pavimento, hasta el límite que marca el bulbo de presiones, de tal manera que la subrasante pueda recibir esfuerzos y deformaciones que los pueda asimilar perfectamente.

6.2 CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

- Pavimentos Flexibles

Transmiten las cargas a la subrasante solamente en las zonas próximas al punto de aplicación, son los pavimentos de origen asfáltico.

Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de la necesidad particular de cada obra.

- Pavimentos Rígidos

Transmiten las cargas a la subrasante en un área bastante grande alrededor del punto de aplicación, de una manera uniforme, están constituidos por losas de concreto generalmente.

Son aquellos fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub base de pavimento rígido.



- Pavimentos Mixtos

Constituidos por una combinación de los dos tipos de pavimentos anteriores, formado por dos capas: La superior flexible y la inferior rígida.

- Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual.

A su vez se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento.

6.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PAVIMENTOS

Para la elección del tipo de pavimento más adecuado, deberá estudiarse los siguientes aspectos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agente de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además. Debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.



- El tráfico que soportará especificando las clases del mismo, así como la intensidad y frecuencia del tránsito pesado.
- Las características del suelo de la subrasante especialmente la resistencia y deformación ante las cargas.
- Las condiciones climatológicas de la zona, especialmente el balance evaporación - precipitación y las heladas, lo cual servirá para estudiar la posibilidad del drenaje de aguas.
- Posibilidad de construcción, estudiando los problemas que pudieran presentarse para la construcción, así como la posibilidad de utilizar materiales existentes en la zona.
- Período de Diseño, o tiempo que se considera que debe prestar servicios a los usuarios en buenas condiciones.

Del análisis, considerando todos los criterios indicados, se seleccionará un tipo de pavimento, el cual, podrá agruparse de acuerdo a la inversión que requiera en uno de los tres siguientes grupos:

- **Pavimentos Económicos**

Para tráficos de menos de 400 vehículos diarios son los suelos naturales estabilizados por adición de cal, cemento, asfalto, cloruro de calcio, etc. También pertenecen a este grupo los tratamientos superficiales.

- **Pavimentos de Costo Intermedio**

Usados por tráfico de 400 a 1000 vehículos diarios, comprenden las mezclas bituminosas obtenidas in situ y en la planta, así como los Macadams Bituminosos.

- **Pavimentos Costosos**

Se usan para tráficos de más de 1000 vehículos diarios, comprenden los concretos asfálticos y los concreto de Cemento Portland.



De todas las consideraciones anteriores, vemos que la mayor parte de los análisis nos lleva a recomendar un pavimento de costo alto, del tipo de los pavimentos Flexibles.

6.4 PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento de asfalto o pavimento flexible, es una estructura de varias capas, (subbase, base y capa asfáltica), que se construye con la finalidad de distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito y que no permitan el paso de infiltración de agua de lluvia, resistir a la acción devastadora de vehículos mediante el desprendimiento de las partículas del pavimento y dotar de una superficie de rodamiento adecuado.

Se entiende al pavimento como una estructura lisada en una superficie de rodamiento adecuado.

Para diseño estructural de pavimento flexible como necesita conocer la magnitud del tráfico (peso y frecuencia de los vehículos), el tipo de suelo, la resistencia del suelo, las características climatológicas de la zona y la calidad de los materiales disponibles para la construcción del pavimento.

Las sub rasantes débiles requieren bases flexibles de gran espesor para conservar las deflexiones causadas por las cargas, dentro de los límites seguros y prevenir la rotura del pavimento.

6.4.1 Tipos de Pavimentos Flexibles

6.4.1.1 Asfaltó en frío

Son pavimentos de calidad inferior a los pavimentos mezclados en caliente y se selecciona para carreteras y pavimentación de las zonas urbanas donde los volúmenes de tránsito son relativamente pequeños.

La carpeta asfáltica en frío es una mezcla de agregados y asfalto rebajado, se mezcla a la temperatura ambiente.



La mezcla en frío puede hacerse en plantas estacionarias o plantas móviles para ser aplicadas directamente sobre el camino.

6.4.1.2 asfaltó en caliente

Los pavimentos de carpeta asfáltica en caliente son seleccionados para pavimentos de más alta calidad, tales como caminos principales de tránsito pesado e intenso, este pavimento es considerado de más alto costo.

La carpeta asfáltica en caliente es conocida como de concreto asfáltico. Son mezclas elaboradas en peso en plantas estacionarias o plantas centrales, en donde los agregados y el material cementante seleccionado en cantidad y calidad son calentados a una temperatura de 150°C aproximadamente, mezclados en forma rigurosa y homogénea para luego ser colocados en el lugar aun estando en caliente.

6.4.2 Funciones y características de las diferentes capas del pavimento flexible

6.4.2.1 Carpeta de rodadura

La carpeta debe proporcionar al pavimento flexible una superficie de rodamiento estable, capaz de resistir la ampliación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de drenaje, los producidos por las fuerzas centrífugas, los impactos; debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo.

- Carpeta asfáltica sellante

Está formado por una aplicación bituminosa de asfalto y tiene por objeto sellar la superficie impermeabilizándola, a fin de evitar que

El agua de lluvia se infiltre. Además protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

6.4.2.2 Base

La base, la función fundamental de la base es estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas.

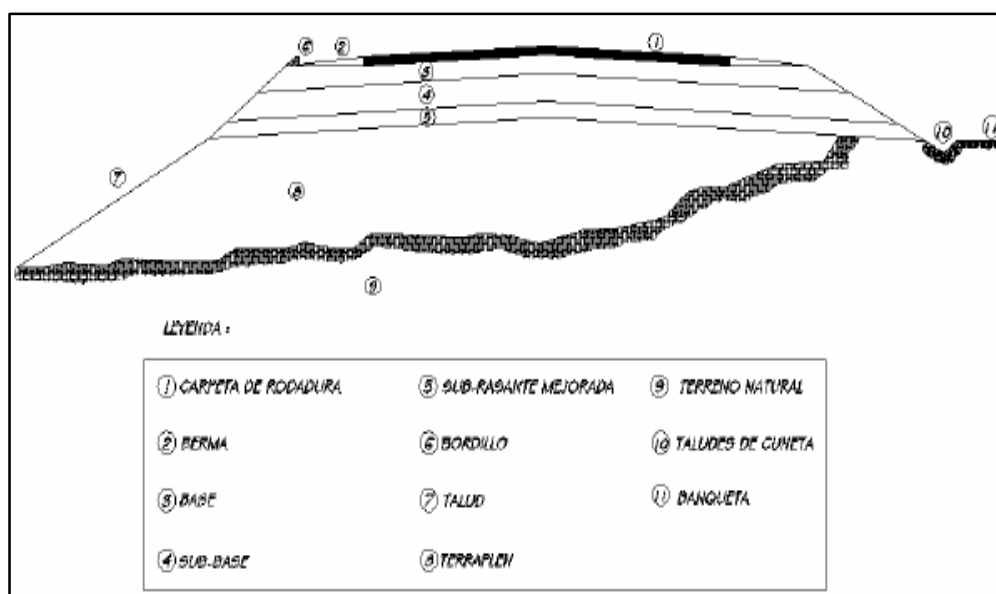
La base tiene también una importante función drenante, según la que debe ser capaz de eliminar fácil y rápidamente el agua que llegue a infiltrarse a través de la carpeta, así como de impedir la ascensión capilar del agua que provenga de niveles inferiores.

6.4.2.3 Subbase

La principal función de la subbase de un pavimento flexible, es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Cuanto menor sea la calidad del material colocado tendrá que ser mayor el espesor necesario para soportar y transmitir los esfuerzos.

Otra función de la subbase consiste en servir de transición entre el material de la base, generalmente granular grueso y el de la sub rasante, que tiende a ser mucho más fino. La subbase actúa como filtro de la base e impide su incrustación en la sub rasante.

Capas del pavimento





6.4.3 Métodos de cálculo de los espesores

Son muchos y muy diferentes los métodos que existen para proyectar el espesor de un pavimento. Sin embargo el problema es bastante complejo, porque requiere de una experiencia suficiente y sentido común por parte de quien lo aplica.

Los métodos existentes se fundan en consideraciones puramente teóricas. Otros son en parte teóricos, en parte empíricos y los hay otra serie de métodos absolutamente empíricos.

Especificaciones:

- **Calidad de los materiales a usarse en la base, sub-base y carpeta asfáltica**

Se usará un material granular que cumpla con las especificaciones:

	Especificaciones			
	Base	Sub Base	Base	Sub Base
CBR mínimo	80	20	100	20
L.L. (máx.)	25	25	25	25
I.P. (máx.)	6	6	3	6
Equiv. De arena	30	25	50	25

T.L.T.M - T.P.

Dónde:

T.L. : Tránsito Liviano
T.M. : Tránsito Mediano
T.P. : Tránsito Pesado



- **Recomendaciones de espesores:**

IT<10	:	e=1"	Tránsito Liviano
10≤IT≤100	:	e=1.5"	Tránsito Mediano
IT≥100	:	e=2"	Tránsito Pesado

- **Coeficientes de equivalencia de espesores del método ASTM-D1557**

1" concreto asfáltico = 2" base granular no tratada (BGNT)

1" Concreto asfáltico = 2.7" sub base granular no tratada (SBGNT)

1" BGNT = 1.35" SBGNT

Para periodos mayores a 20 años incrementar el IT en 5% por cada año adicional.

- **Evaluación de la subrasante**

Se debe conocer el valor relativo de soporte california (CBR).

Periodo de diseño: = 20 años.

Índice de crecimiento anual promedio: i= 3.6%

Índice de Tráfico (IT)

Es el tránsito diario probable durante el periodo de diseño, referido a una carga por eje sencillo de 25,000 kg (55,000 lb.), que se espera para la calzada de diseño.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$IT = NCEP$$

Dónde:

N: Número total de vehículos pesados (pesos mayores de 20,000 lbs).



- C: Coeficiente de crecimiento medio en el periodo de análisis (proyecto para un periodo de 20 años).
- E: Coeficiente de equivalencia de carga a ejes simples de 18,000 lbs.
- P: 1% del porcentaje de vehículos que circulan por la vía más cargada.

Procedimiento de diseño del índice de tránsito:

- Cálculo de "N"

De los cálculos realizados deducimos que el proyecto es una carretera de tercera clase tal como considera el DG-2014 (IMD < 400 veh/día), la cual según el conteo realizado se distribuye de la siguiente manera:

TIPO DE VEHÍCULOS	CLASE	Nº DE VEHÍCULOS	DISTRIBUCIÓN (%)
AUTOS	AP	17	26.15
CAMIONETAS	AC	25	38.46
CAMIÓN 2E	C2	15	23.08
CAMIÓN 3E	C3	8	12.31
TOTAL (IMD PROYECTADO)		65	100.00

Tráfico diario proyectado (promedio), según peso de vehículos:

Total de vehículos: 65

Por lo tanto:

N= 23

- Cálculo de "C"

$$C = \frac{1 + \left(\frac{i_2}{i_1}\right)}{2}$$



Dónde:

$i = 3.6\%$ (índice de crecimiento anual promedio)

$i_1 = 100\%$

$i_2 = 100(1+i)^n = 100(1+0.036)^{20} = 202.86\%$

Por lo tanto:

$$C = \frac{1 + \left(\frac{202.86}{100}\right)}{2} = 1.51$$

$$C = 1.51$$

- **Cálculo de "E"**

Ver tabla "número de vehículos según carga y conversión a ejes simples de 18,000 lbs".

Tipo de vehi.	Vol. promedio diario proyectado	Factor camión (FC)	EAL
AP	17	0.0005810	0.009876
AC	25	0.0250864	0.627159
C2	15	3.6958545	55.437818
C3	8	2.5603295	20.482636
TOTAL EAL			76.557489

Por lo tanto:

$E = \text{Equivalencia} / N^{\circ} \text{ total de vehículos.}$

$$E = 76.557489 / 65 = 1.1778$$

$$E = 1.20$$



- Cálculo de "P"

Calculará en función de la siguiente tabla.

Nº DE VÍAS	PORCENTAJE DE TRÁFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)

Como la carretera de diseño es de dos vías se considera el 50% del tráfico.

Por lo tanto:

$$P = 1\% (50) = 0.5$$

Remplazando valores, obtenemos:

$$IT = NCEP = 23 * 1.51 * 1.20 * 0.5 = 20.838$$

$$IT = 21 \text{ veh/día.}$$

Para el presente proyecto de acuerdo al índice de tráfico estamos frente a un tipo de **tránsito mediano**, el cual considera como espesor de la **carpeta asfáltica de 1.5" como mínimo**.



SEGÚN EL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

Este método es el más usado en nuestro país por las entidades e ingenieros en obras viales. Es un método técnico-empírico basado en las investigaciones realizadas en la carretera del experimento vial AASHTO y desarrollo por el instituto de asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica.

El sistema se fundamenta en un tránsito probable durante un periodo de 20 años referido a una carga por "eje sencillo" de 80KN (18,000 lb), que es la "carga por eje" legal en la mayoría de los estados de USA, considera además el módulo de Resiliencia ($M_r = 10.3$ CBR) en Mpa, la calidad de los materiales de base, Sub-base y carpeta asfáltica que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

Este método proporciona el espesor de la estructura del pavimento en función del tránsito que se prevé circular por la vía y de un parámetro que representa la resistencia y deformabilidad de la capa superior del terraplén.

a) Índice medio diario anual proyectado (I.M.D.)

TIPO DE VEHÍCULOS	CLASE	Nº DE VEHÍCULOS	DISTRIBUCIÓN (%)
AUTOS	AP	17	26.15%
CAMIONETAS	AC	25	38.46%
CAMIÓN 2 EJES	C2	15	23.08%
CAMIÓN 3 EJES	C3	8	12.31%
TOTAL (IMD PROYECTADO)		65	100.00

b) Determinación del valor EAL.

Partiendo del índice medio diario proyectado, calculado de 76 veh/día, se calcula el porcentaje del tráfico total de vehículos en la calzada de diseño.

En vista que el estudio contempla para una calzada escogemos de la siguiente tabla el porcentaje total para dos carriles.



PORCENTAJE DEL TRÁFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO

Nº DE VÍAS	PORCENTAJE DE TRÁFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)

Como el presente proyecto es de dos vías se considerara 50% del tráfico.

$$50\% * 76 = 33 \text{ vehículos.}$$

c) Cálculo del número promedio de cada tipo de vehículo esperado la calzada de diseño en el primer año de servicio.

Calcularemos el número total de vehículos en el carril de diseño para un 35.0%, el cual corresponde al porcentaje de vehículos pesados indicado en el IMD.

$$\text{Número de vehículos} = 35.0\% * 33 = 12 \text{ veh. /día.}$$

Lo que significa que el primer año de servicio se tendrá:

$$\text{Total de vehículos} = 12 * 365 = 4,380 \text{ vehículos.}$$

d) Determinación del factor de crecimiento.

Para el cálculo del factor de crecimiento consideraremos un factor promedio para todos los vehículos.

$$\text{Tasa de crecimiento anual} = 3.6 \%$$

$$\text{Periodo de diseño} = 20 \text{ años.}$$



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



TASA DE CRECIMIENTO ANUAL

Periodo de diseño	Tasa de crecimiento - Porcentaje "r"							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.02	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	9.21	9.55	9.9	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.5	24.52
14	14.00	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	20.02	21.08	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.82
17	17.00	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.00
18	18.00	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	40.88
19	19.00	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.00	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	90.12
30	30.00	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	166.15
35	35.00	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02



$$factor = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$\text{Dónde: } r = \frac{tasa}{100}$$

Remplazando en la fórmula obtenemos:

Factor de crecimiento = 28.57

e) Cálculo del EAL de diseño

CARGAS PARA CADA UNIDAD DE VEHÍCULOS

Tipo de vehículo	Factor camión (FC)	Carga por eje (lbs)				Peso bruto (lbs)	Peso bruto (Tn)
		Eje simple	1º eje	2º eje	3º eje		
AP	0.0005810	2,204.6	2,204.6			4,409.20	2
AC	0.0250864	3,527.30	7,275.10			10,802.40	4.9
C2	3.6958545	15,432.10	24,250.40			39,682.50	18
C3	2.5603295	15,432.10	39,682.50			55,114.60	25



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
 PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



**FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE
 EJES Y CARGAS.**

Axle load (lb)	Equivalent axle load factor			Axle load (lb)	Equivalent axle Load factor		
	Single axles	Tandemaxl es	tridemaxl es		Singleaxl es	Tandemaxl es	Tridemaxl es
1000	0.00002			41,000	23.27	2.29	0.540
2000	0.00018			42,000	25.54	2.51	0.597
3000	0.00072			43,000	28.22	2.76	0.658
4000	0.00209			44,000	31.00	3.00	0.723
5000	0.00500			45,000	34.00	3.27	0.793
6000	0.01043			46,000	37.24	3.55	0.868
7000	0.0196			47,000	40.74	3.85	0.948
8000	0.0343			48,000	44.50	4.17	1.033
9000	0.0562			49,000	48.54	4.51	1.12
10,000	0.0877	0.00688	0.002	50,000	52.88	4.86	1.22
11,000	0.1311	0.01008	0.002	51,000		5.23	1.32
12,000	0.189	0.0144	0.003	52,000		5.63	1.43
13,000	0.264	0.0199	0.005	53,000		6.04	1.54
14,000	0.360	0.0270	0.006	54,000		6.47	1.66
15,000	0.478	0.0360	0.008	55,000		6.93	1.78
16,000	0.623	0.0472	0.011	56,000		7.41	1.91
17,000	0.796	0.0608	0.014	57,000		7.92	2.05
18,000	1.000	0.0773	0.017	58,000		8.45	2.20
19,000	1.24	0.0971	0.022	59,000		9.01	2.35
20,000	1.51	0.1206	0.027	60,000		9.59	2.51
21,000	1.83	0.148	0.033	61,000		10.20	2.07
22,000	2.18	0.180	0.040	62,000		10.84	2.85
23,000	2.58	0.217	0.048	63,000		11.52	3.03
24,000	3.03	0.260	0.057	64,000		12.22	3.22
25,000	3.53	0.308	0.067	65,000		12.96	3.41
26,000	4.09	0.364	0.080	66,000		13.73	3.62
27,000	4.71	0.426	0.093	67,000		14.54	3.83
28,000	5.39	0.495	0.109	68,000		15.38	4.05
29,000	6.14	0.572	0.126	69,000		16.26	4.28
30,000	6.97	0.658	0.145	70,000		17.19	4.52
31,000	7.88	0.753	0.167	71,000		18.15	4.77
32,000	8.88	0.857	0.191	72,000		19.16	5.03
33,000	9.98	0.971	0.217	73,000		20.22	5.29
34,000	11.18	1.095	0.246	74,000		21.32	5.57
35,000	12.50	1.23	0.278	75,000		22.47	5.86
36,000	13.93	1.38	0.313	76,000		23.66	6.15
37,000	15.50	1.53	0.352	77,000		24.91	6.46
38,000	17.20	1.70	0.393	78,000		26.22	6.78
39,000	19.06	1.89	0.438	79,000		27.58	7.11
40,000	21.08	2.08	0.487	80,000		28.99	7.45



CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,146	0.0005810	28.57	19.02297
AC	2,685	0.0250864	28.57	1,207.75592
C2	1,011	3.6958545	28.57	106,759.72607
C3	539	2.5603295	28.57	39,429.93446
TODOS VEHÍCULOS	4,380		TOTAL EAL	147,416.43941

$$EAL = 147,416.43941$$

$EAL = 1.47 \times 10^5$ (aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño).

f) Selección del módulo de Resiliencia de diseño de la subrasante

- Módulo Resiliencia (Mr.)

El módulo Resiliente es una medida de la propiedad elástica de los suelos (tanto del suelo de subrasante como de los materiales de base y sub-base), tomando en cuenta ciertas características no lineales, se refiere al comportamiento esfuerzo-deformación del material bajo condiciones normales de carga del pavimento.

Considerando las limitaciones de la mayor parte de los laboratorios para efectuar este tipo de ensayos, el instituto de asfalto permite correlacionarlo con el CBR mediante la expresión:

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10.3 \times \text{CBR}$$

La determinación del Mr. (módulo Resiliente), se hace con el criterio del percentil variable con el nivel del tráfico expresado como EAL.



- **Cálculo de percentil de diseño.**

VALOR PERCENTIL DEL CBR DE DISEÑO

TRÁFICO (EAL)	PORCENTAJE DE ENSAYOS CON CBR IGUAL O MAYOR
10 000 ó menos	60
10 000 a 1 000 000	75
1 000 000 a más	87.5

En vista que nuestro EAL de diseño es del orden de 1.47×10^5 , le corresponde un valor de 75%.

De los ensayos de CBR se tiene:

CALICATA	CBR %
Nº 01	7.95
Nº 02	7.55
Nº 03	12.30
Nº 04	15.10
Nº 05	16.95
Nº 06	14.97
Nº 07	9.56
Nº 08	9.00

Estos valores se ordenan de mayor a menor. Para los valores de CBR que salgan por debajo del valor que se obtenga mediante el percentil se debe considerar un mejoramiento de subrasante.



CBR ORDENADO DE MAYOR A MENOR

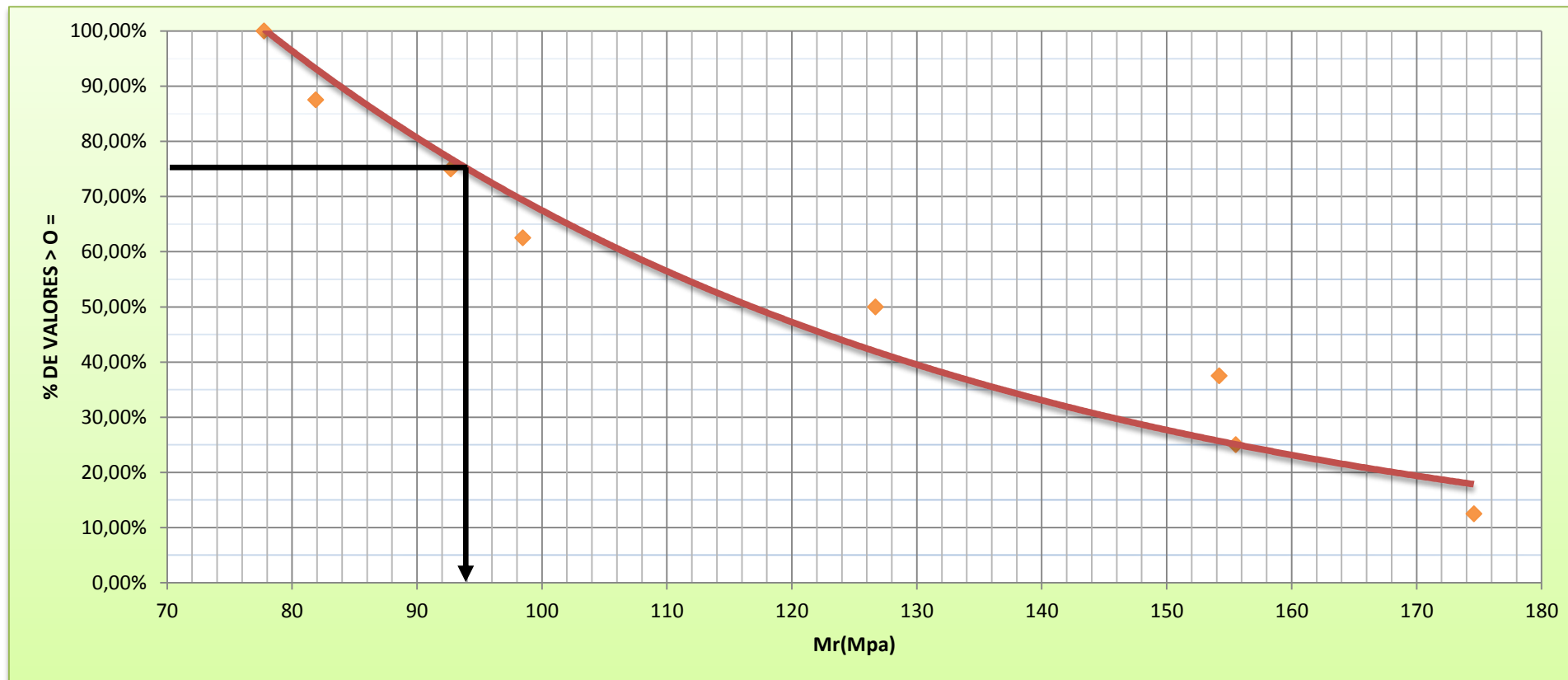
CBR (%)	Mr(Mpa) Mr=10.3*CBR	Nº DE VALORES >Ó=a Mr i	% DE VALORES > ó =
16.95	174.585	1	12.50%
15.10	155.530	2	25.00%
14.97	154.191	3	37.50%
12.30	126.690	4	50.00%
9.56	98.468	5	62.50%
9.00	92.700	6	75.00%
7.95	81.885	7	87.50%
7.55	77.765	8	100.00%

Luego se grafica los valores de Mr y % obtenidos, resultando el gráfico presentado a continuación.

En el gráfico con el percentil de diseño (75%), se encuentra el valor del CBR de diseño de la subrasante.



METODO PERCENTIL



$$Mr = 94 = 9.4 \times 10 \text{ Mpa}$$

Aplicando la siguiente expresión, se obtiene:

$$CBR_{\text{DISEÑO}} = Mr/10.3 = 94/10.3$$

$$CBR_{\text{DISEÑO}} = 9.13 \%$$



g) Cálculo del espesor según el instituto norteamericano del asfalto.

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de pavimento para ambos métodos.

- Periodo de diseño : 20 años
- Número de vías : 02
- Clase de carretera : tercera clase.
- Índice medio diario proyectado : 65 Veh. /día.
- CBR de diseño (valor percentil) : 9.13 %

Según el instituto norteamericano del asfalto:

Para:

$$\text{CBR} = 9.13 \%$$

$$\text{EAL} = 1.47 \times 10^5$$

Temperatura media anual del aire (MAAT) = MAAT 24 °C

- Alternativa1

De la (Carta de Diseño A-13 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de concreto asfáltico de 175 mm. De espesor colocado directamente sobre la subrasante.

- Alternativa 2

De la (Carta de Diseño A-17 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 150 mm. De espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica.

- Alternativa 3

De la (Carta de Diseño A-18 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 300 mm. De espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica.



ESPESTORES DADOS POR EL INSTITUTO DEL ASFALTO

CAPAS ESTRUCTURALES	Espesores en milímetros		
	I	II	III
Superficie de rodadura AC	150 mm	100 mm	100 mm
Base CBR > 80%	-	150 mm	150 mm
Sub base CBR > 20%	-	-	150 mm
Total	150 mm	250 mm	400 mm

Pero sabiendo que la carpeta asfáltica puede reducirse hasta 2" para reducir costos.

Aplicando los coeficientes de equivalencias de espesores tenemos:

Alternativa 1

Carpeta Asfáltica = 175 mm = 7"

Espesor Mínimo = 1"

Espesor tomado = 2"

= 7" - 2" = 5" (a distribuir)

Base granular = 5" x 2" = 10"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm

Base granular = 10" = 25 cm

Alternativa 2

Carpeta Asfáltica = 100 mm = 4"

Base granular = 150 mm = 6"

Espesor Mínimo = 1"



Espesor tomado = 2"
= 4" - 2" = 2" (a distribuir)

Base granular = 6"

Sub base granular = 2" x 2.7" = 5.4" = 6"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm

Base granular = 6" = 15 cm

Sub base granular = 6" = 15 cm

Alternativa 3

Carpeta Asfáltica = 100 mm = 4"

Base granular = 150 mm = 6"

Sub base granular = 150 mm = 6"

Espesor Mínimo = 1"

Espesor tomado = 2"
= 4" - 2" = 2" (a distribuir)

Base granular = 6"

Sub base granular = 6" + 2" x 2.7" = 11.4" = 12"

Entonces tenemos:

Carpeta asfáltica = 2" = 5 cm.

Base granular = 6" = 15 cm.

Sub base granular = 12" = 30 cm.



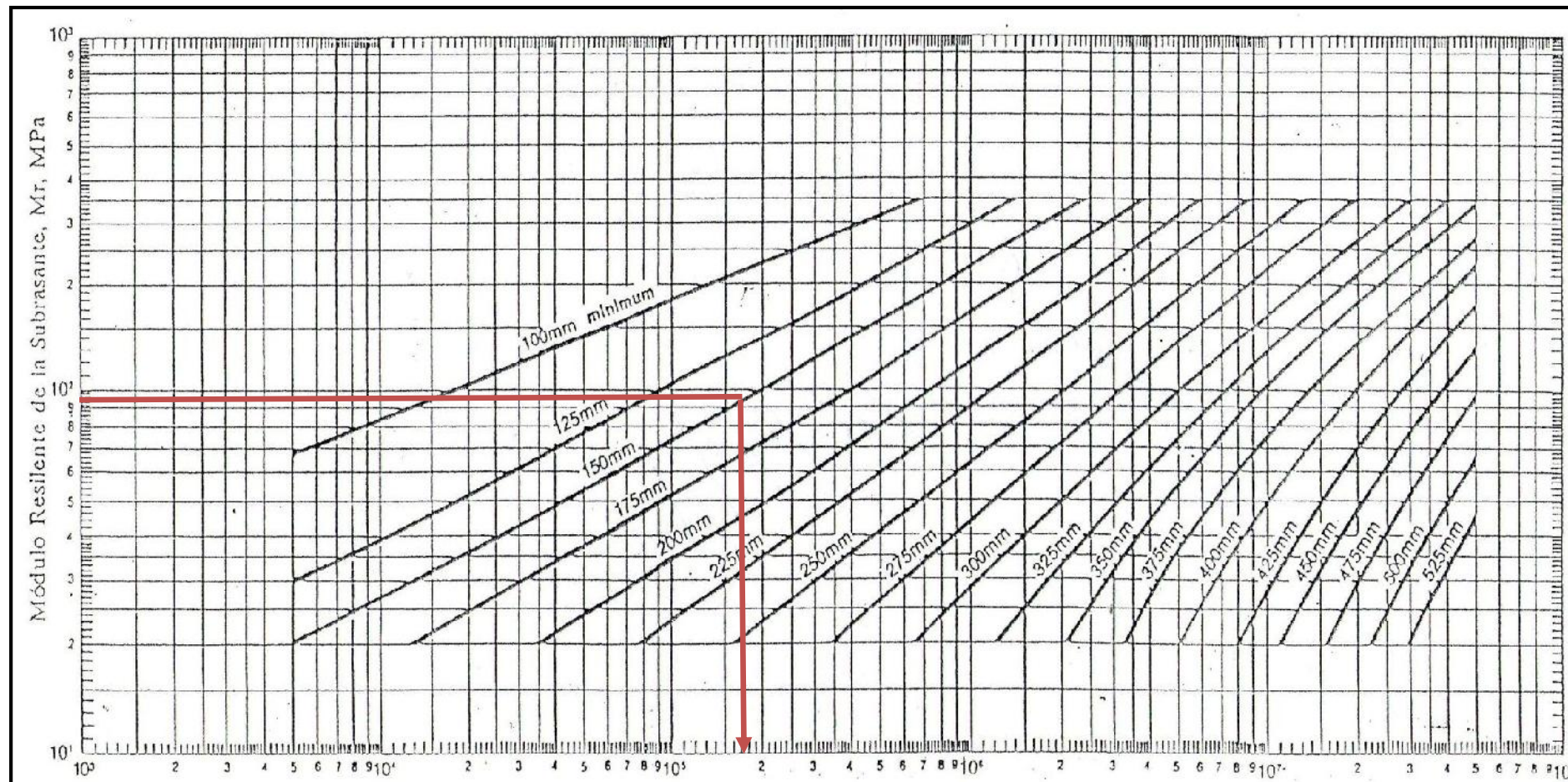
Elegimos la alternativa que sea más económica y funcional por lo que sería la:

ALTERNATIVA 2

CAPAS	Espesor (cm)
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00



CONCRETO ASFALTICO EN TODO SU ESPESOR (MMAT 24 °C)

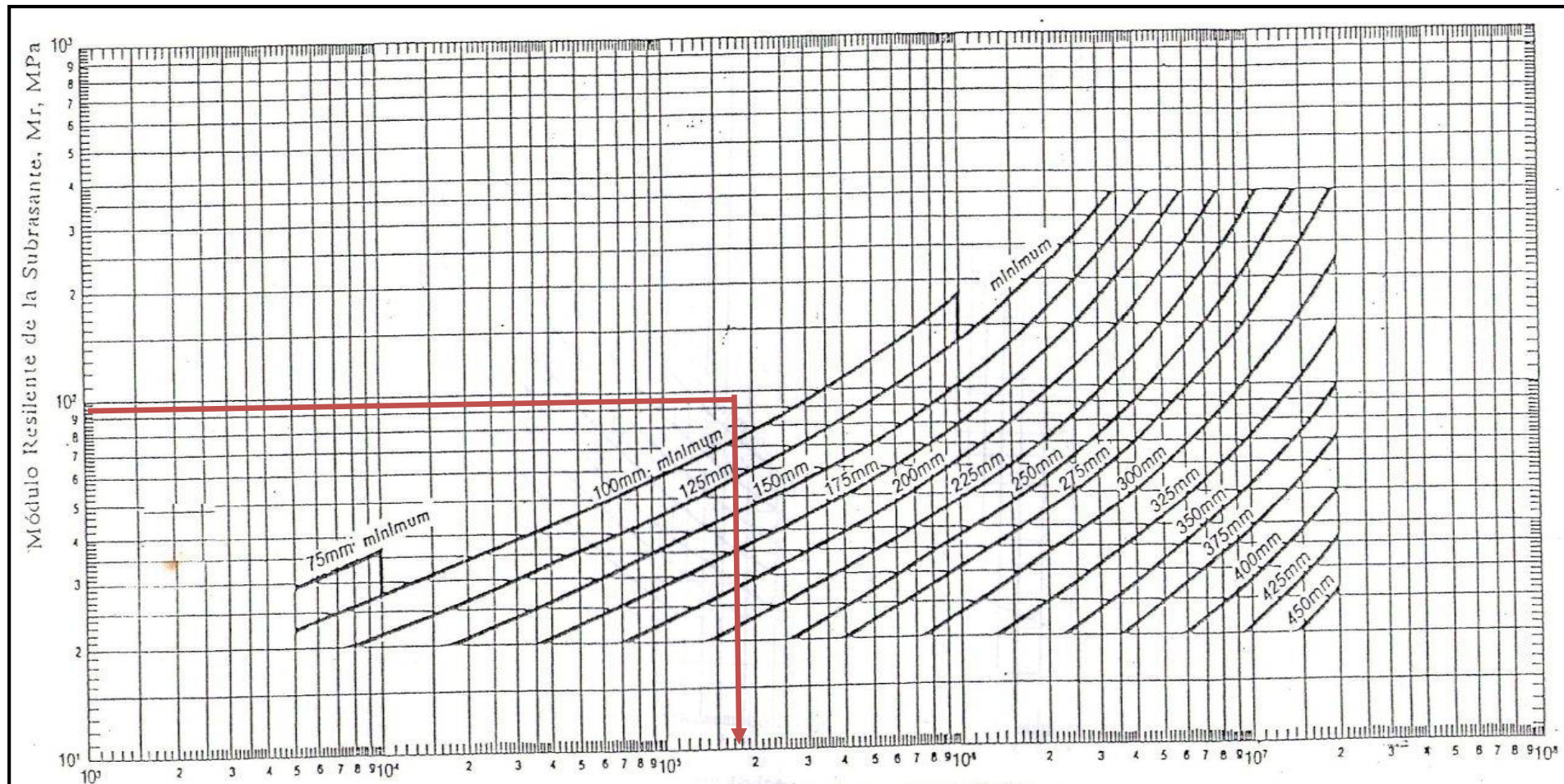


CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-13



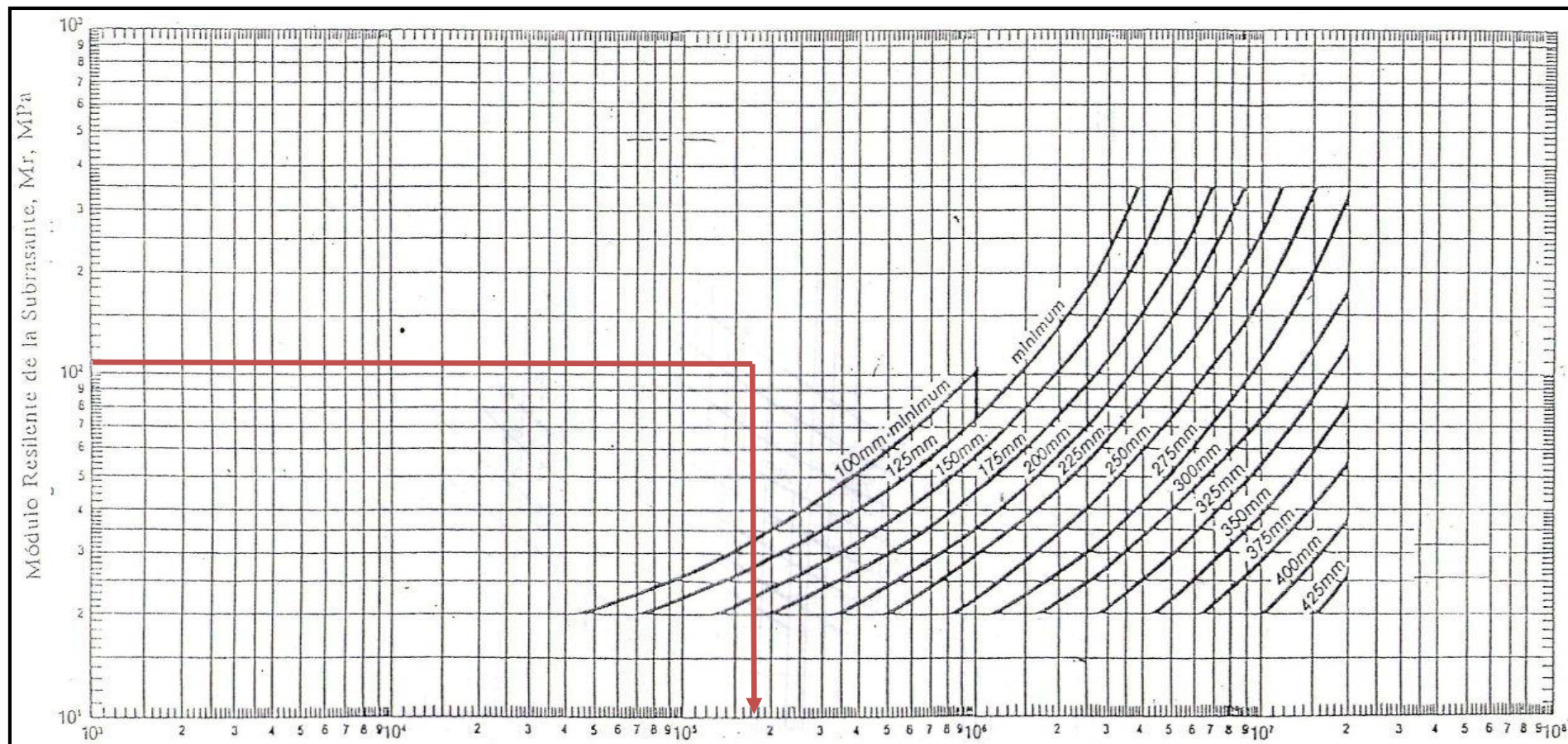
BASE DE AGREGADOS NO TRATADOS DE 150 mm DE ESPESOR (MMAT 24°C)



CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-17

BASE DE AGREGADOS NO TRATADOS DE 300 mm DE ESPESOR (MAAT 24°)



CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80KN (EAL)

CARTA DE DISEÑO A-18



MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)

La versión de la AASHTO 86 y 93 hacen modificaciones en su metodología aceptando los valores que aporte estructural por coeficiente de drenaje de las capas granulares los que reemplaza el factor regional utilizado en versiones anteriores, por otro lado se sigue utilizando en su mismo concepto el tráfico, índice de serviciabilidad y tipo de suelo de fundación (Módulo Resiliente).

La metodología AASHTO es bien aceptada a nivel mundial (ya que se basa en valiosa información experimental), el que determina un número estructural (NE), requerido por el pavimento a fin de soportar el volumen de tránsito satisfactoriamente durante el periodo de vida del proyecto.

EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Considera los siguientes factores:

- W18 = Al número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 1800 lb.
- Mr = Módulo Resiliente
- R = Confiabilidad
- So = Desviación estándar total
- Pi = Serviciabilidad Inicial
- Pt = Serviciabilidad final
- a₁ = Coeficiente estructural de Concreto Asfáltico
- a₂ = Coeficiente estructural de Base Granular
- a₃ = Coeficiente estructural de Sub Base Granular
- m₂ = Coeficiente de drenaje de la base Granular
- m₃ = Coeficiente de drenaje de la Sub base Granular

CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE (W18)

El llamado ESAL (Equivalent Single Axle Load), es el número de aplicaciones de un eje simple de 18000 lb (80 KN).



El procedimiento para convertir un flujo de tráfico mixto de diferentes cargas y configuraciones por eje a un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje, en un número equivalente de cargas por eje simple de 18000 lb, multiplicando cada carga por eje por el factor de equivalencia de carga se obtiene de la siguiente tabla:

CÁLCULO DEL EAL

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,146	0.0005810	28.57	19.02297
AC	2,685	0.0250864	28.57	1,207.75592
C2	1,011	3.6958545	28.57	106,759.72607
C3	539	2.5603295	28.57	39,429.93446
TODOS VEHÍCULOS	4,380		TOTAL EAL	147,416.43941

LÍMITES DE DISEÑO DE LA SUB RASANTE

TRÁFICO (EAL)	PORCENTAJE DE ENSAYOS CON CBR IGUAL O MAYOR
10 000 ó menos	60
10 000 a 1 000 000	75
1 000 000 a más	87.5

FUENTE: Diseño Y Construcción De Pavimentos

MÓDULO RESILENTE (Mr)

Es una medida de las propiedades elásticas de los suelos (tanto del suelo de la subrasante como de los materiales de base y sub base), tomando en cuenta ciertas características no lineales se refiere al comportamiento Esfuerzo-deformación del material bajo condiciones normales de carga de pavimento.

El Módulo Resiliente puede ser utilizado directamente para el diseño de pavimentos flexibles, pero debe ser convertido a un módulo de reacción de la



subrasante (valor k), para el diseño de pavimento rígidos o compuestos el módulo Resiliente fue seleccionado para reemplazar el valor soporte del suelo utilizado anteriormente.

En vista de que muchos países, como en el caso de Perú no cuenta con el equipamiento para llevar a cabo ensayos para determinar el módulo Resiliente, se han reportado factores apropiados que pueden ser usados en la estimación de M_r a partir de los ensayos del CBR (California Bearing Ratio). La expresión utilizada para convertir CBR a M_r , para el suelo de fundación es:

$$M_r (\text{psi}) = 1500 \text{ CBR}$$

Según la guía AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials) para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993 la expresión anteriormente solamente es aplicada en el caso de sub rasantes.

Para el caso de los materiales granulares no ligados, utilizados en base y sub base se usa otras correlaciones e incluso otras notaciones:

E_{SB} = Módulo de sub base

E_{BS} = Módulo de base

LÍMITES DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE

σ (psi)	M_r (psi)
100	$740 \times \text{CBR}$
30	$440 \times \text{CBR}$
20	$340 \times \text{CBR}$
10	$250 \times \text{CBR}$

Donde σ es la suma de los esfuerzos principales.

La resistencia de la base o sub base granulares, están correlacionadas al estado de los esfuerzos principales que ocurrirán bajo condiciones de operación. La suma de los esfuerzos principales es una medida del estado de los esfuerzos, el cual es una función del espesor del pavimento, la carga y el módulo Resiliente de



cada capa, dado que la información de los esfuerzos no está disponibles se puede utilizar los estimados valores de Θ a partir de la siguiente tabla . Que está en función del espesor del concreto asfáltico y del Módulo Resiliente de la su rasante

VALORES DE Θ

ESPESOR DE CONCRETO ASFÁLTICO (pulg)	MÓDULO RESILIENTE DEL SUELO DE SUB RASANTE (psi)		
	3000	7500	15000
Menos de 2	20	25	30
2 - 4	10	15	20
4 - 6	5	10	15
Mayor de 6	5	5	5

CONFIABILIDAD (R)

La Confiabilidad "R", es la probabilidad expresada como porcentaje que el pavimento proyectado soporte el tráfico previsto .Se trata pues de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño.

El actual método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 % con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a vías importantes y de mayor volumen vehicular.

NIVELES DE CONFIABILIDAD R (%) SEGÚN LAS CLASES DE VÍAS.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
Interestatales y otras autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales o vecinales	50-80	50-80



DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (S_o)

Considera las posibilidades de variaciones en el tráfico previsto y la variación en el comportamiento previsto del pavimento para un EAL dado, la desviación estándar total así como la confiabilidad deberán tenerse en cuenta para el efecto combinado de la variación en todas las variables de diseño.

Los criterios que se toman en cuenta para la selección de la desviación estándar total son:

- La desviación estándar estimada para el caso donde la variancia del tráfico futuro proyectado es considerada como 0.39 para pavimentos rígido y 0.49 para pavimento flexible.
- La desviación estándar total estimada para el caso de la variancia del tráfico futuro es considerada 0.34 para pavimento rígido y 0.44 para pavimento flexibles.
- En general el rango de S_o se puede considerar entre:

0.30 - 0.40 pavimentos rígidos

0.40 - 0.50 pavimentos flexibles

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

Se debe elegir un nivel de servicio inicial y terminal para el diseño del pavimento.

El nivel de servicio inicial P_o es una estimación inmediatamente después de terminada la construcción (generalmente 4.2 para pavimento flexible y 4.5 para pavimentos rígidos).

El nivel de servicio terminal p_t es el nivel aceptable más bajo antes de que sea necesario de pavimentar el pavimento (para vías importantes se recomienda 2.5-3.0 y 2.0 para las vías de bajo volumen).



El cambio en la calidad de servicio, se puede calcular como:

$$\Delta PSI = p_0 - p_i$$

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal

p_0 = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para pavimentos rígidos)

p_i = Índice de servicio terminal

Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras perfectas, respectivamente.

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA a_i

Se asigna un valor de este coeficiente a cada capa del material en la estructura del pavimento con el objeto de convertir los espesores y capa en el NE. Estos coeficientes de cada capa expresan una relación empírica entre el NE y el espesor y es una medida de la habilidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

La forma de estimar estos coeficientes se separa en 5 categorías dependiendo del tipo y la función del material de cada capa estos son:

- Concreto Asfáltico (CA)
- Base Granular (BG)
- Sub Base Granular (SBG)
- Base tratada con Cemento (BTC)
- Base Tratada con Asfalto (BTA)

El coeficiente de cada capa de la base granular (a_2) se obtiene con la siguiente relación:

$$a_2 = 0.249 \times \log (E_{BS}) - 0.977$$



Dónde:

E_{BS} : módulo Resiliente de la base

Para la obtención del coeficiente estructural de la capa de la sub base granular se emplea la siguiente relación:

$$a_3 = 0.227 \times \log (E_{SB}) - 0.839$$

Dónde:

E_{SB} : módulo Resiliente de la sub base

COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)

El drenaje es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y sus consecuencias sobre la capacidad estructural del mismo. Para el diseño el efecto del drenaje es considerado modificando el coeficiente de la capa estructural en función de:

- La calidad del drenaje (el tiempo requerido por el pavimento para drenar)
- El porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Las siguientes tablas, se utilizan para seleccionar los coeficientes de drenaje para las capas de Base y Sub Base no tratadas

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO DE REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
malo	Agua no tratada



CALIDAD DEL DRENAJE	% DEL TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	Menor a 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Para seleccionar un valor mínimo de capas de concreto asfáltico, base o sub base AASHTO recomienda la Tabla de espesores mínimos.

ESPEORES MÍNIMOS (PULGADAS)

TRÁFICO ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE DE AGREGADOS
MENOS DE 50,000	1.0 (‘ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
MAYOR QUE 7'000,000	4	6



CÁLCULO DEL ESPESOR

Según el método de AASHTO (versión 1993)

DATOS:

ANCHO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.0 m
ANCHO DE BERMA	: 1.20 m
TIPO DE VÍA	: CARRETERA DE TERCERA CLASE
TIPO DE PAVIMENTO	: FLEXIBLE- ASFALTO EN FRÍO
TIPO DE TRATAMIENTO DE BERMAS	: CARPETA ASFÁLTICA EN FRÍO
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 50 km/h
RADIO MÍNIMO	: 80 m
PERIODO DE DISEÑO	: 20 años

INFORMACIÓN DISPONIBLE:

TRÁNSITO TOTAL (PROYECTADO)

CLASE	Nº DE VEHÍCULOS
AP	17
AC	25
C2	15
C3	8
TOTAL	65

INCREMENTO ANUAL DEL TRÁNSITO	: 3.6 %
CBR _{DISEÑO} (SUBRASANTE)	: 9.13 %
CALIDAD DEL DRENAJE (BUENO)	: 1 - 5 (%) zona seca
Mr DEL ASFALTO	: 450000 Psi
Mr BASE	: 25000 Psi
Mr SUB BASE	: 12000 Psi



SOLUCIÓN

A. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

- Tránsito futuro estimado (w18)

CLASE	NUMERO VEHÍCULO POR AÑO	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	1,146	0.0005810	28.57	19.02297
AC	2,685	0.0250864	28.57	1,207.75592
C2	1,011	3.6958545	28.57	106,759.72607
C3	539	2.5603295	28.57	39,429.93446
TODOS VEHÍCULOS	4,380		TOTAL EAL	147,416.43941

$$EAL = ESALS = 1.47 \times 10^5$$

- Confiabilidad (R)

Local- rural **0.80**

- Desviación Estándar (So)

Según guía ASSTHO - 93 entre 0.4 y 0.5 tomamos So = 0.45

- Módulo resiliente efectivo del material de fundación

Relación de Heukelom y Klomp

$$Mr \text{ (psi)} = MR = 1,500 * (CBR) = 13,689 \text{ psi}$$

- Pérdida de serviciabilidad de diseño Δpsi

Pavimentos flexibles (Po) =4.2

Selección del PSI (PresentServiciabilityIndex), más bajo permisible o índice de serviciabilidad terminal (Pt)

Pt= 2 para carretas con menores volúmenes de tráfico

Entonces:



$$\Delta PSI = P_o - P_t = 2.2$$

- **Obtención del número estructural (sn)**

$$\begin{aligned} W_{18} &= 1.47 \times 10^5 \\ R &= 80.00\% \\ S_o &= 0.45 \\ M_r &= 13,689 \text{ psi} \\ \Delta PSI &= 2.2 \end{aligned}$$

SEGÚN LA FORMULA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES SE OBTIENE EL
NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO

$$SN = 1.84$$

- **Selección de los espesores de capa**

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

a₁, a₂, a₃ coeficiente de capa representativa de la superficie capa base y sub base.

m₁, m₂, m₃ coeficientes para las capas de la superficie capa base y sub base.

D₁, D₂, D₃ espesores reales en pulg. De la superficie capa base y sub base.

Cálculo del a (1, 2,3)

De la carta para estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico Resiliente

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.44 \\ a_2 &= 0.249 \cdot \log 25000 - 0.977 = 0.118 \\ a_3 &= 0.227 \cdot \log 12000 - 0.839 = 0.087 \end{aligned}$$



Cálculo del m (1, 2,3)

$$m_1 = 1$$

$$m_2 = 1.2$$

$$m_3 = 1.2$$

CÁLCULO DE LOS ESPESORES MÍNIMOS

TRÁFICO ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE DE AGREGADOS
MENOS DE 50,000	1.0 (ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
MAYOR QUE 7'000,000	4	6

CÁLCULO DE ESPESORES

Se hace el análisis de diseño por capas

Con:

$$E_b = 25,000 \text{ PSI}$$

$$R = 80.00\%$$

$$W_{18} = 1.47 \times 10^5$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.2$$

$$S_o = 0.45$$

$$a_1 = 0.44$$

Utilizando la fórmula de la AASHTO

$$SN_1 = 1.44$$

Con:

$$E_b = 12,000 \text{ PSI}$$

$$R = 80.00\%$$

$$W_{18} = 1.47 \times 10^5$$

$$\Delta \text{PSI} = 2.2$$

$$S_o = 0.45$$

$$a_2 = 0.118$$



Utilizando la fórmula de la AASHTO

$$\mathbf{SN_2= 1.94}$$

E subrasante = 15,583 PSI

$$\mathbf{a_3= 0.087}$$

Utilizando la fórmula de la AASHTO

$$\mathbf{SN_3= 1.84}$$

ANÁLISIS POR CAPA

$$D'_1 = \frac{SN_1}{a_1 m_1} = 3.27 = \mathbf{4.00 \text{ Pulg}}$$

$$SN' = a_1 * D'_1 = 1.76$$

$$D'_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 m_2} = 1.27 = \mathbf{2.00 \text{ Pulg}}$$

$$SN'_2 = a_2 * D'_2 = 0.236$$

$$SN'_1 + SN'_2 \geq SN_2$$

$$\mathbf{2.00 \geq 1.94 \text{ ok}}$$

Finalmente:

$$D'_3 = \frac{SN_3 - (SN'_1 + SN'_2)}{a_3 m_3}$$

$$\mathbf{D'_3= - 2 \text{ pulg} = 0 \text{ pulg}}$$

$$SN'_3 = a_3 * D'_3$$

$$\mathbf{SN'_3= - 0.17}$$

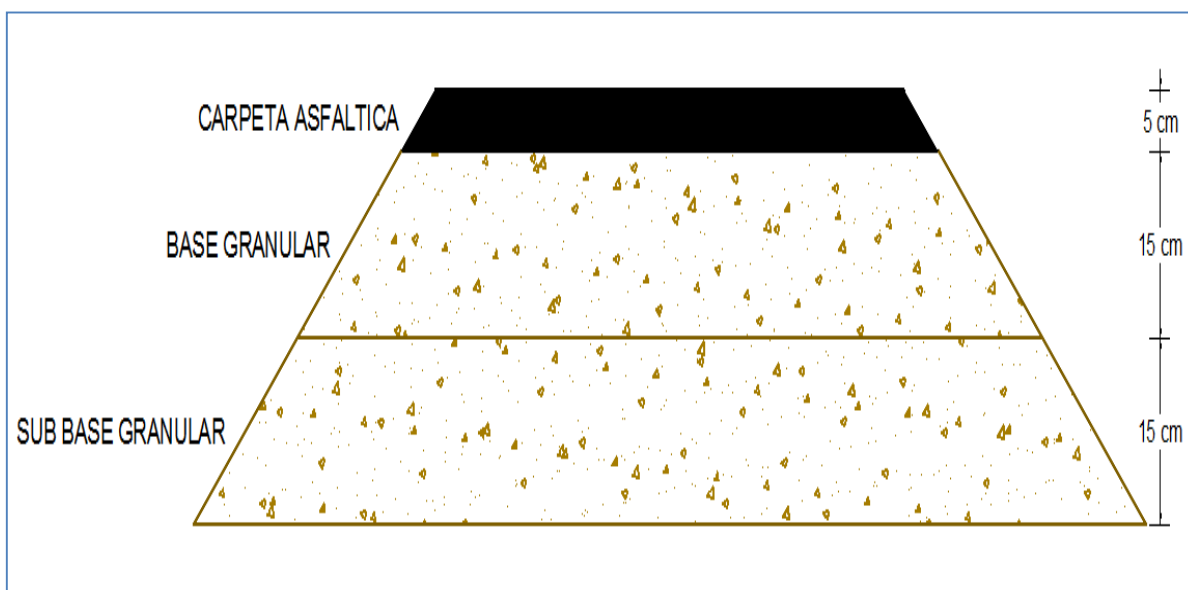


CAPAS	ESPESOR CALCULADO	ESPESOR PLANTEADO	
	en Pulgadas	en Pulgadas	en Cm
Carpeta Asfáltica	4 "	2 "	5.00
Base Granular	2 "	2 "	5.00
Sub base granular	0 "	5.40 "	13.50

PERO COMO LA BASE GRANULAR Y SUB BASE GRANULAR DEBEN SER MÍNIMO 15 cm POR EL PROCESO CONSTRUCTIVO tenemos:

CAPAS	ESPESOR PLANTEADO
	en Cm
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

ESQUEMA DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO



ÁBACOS DE DISEÑO - MÉTODO AASHTO 1993

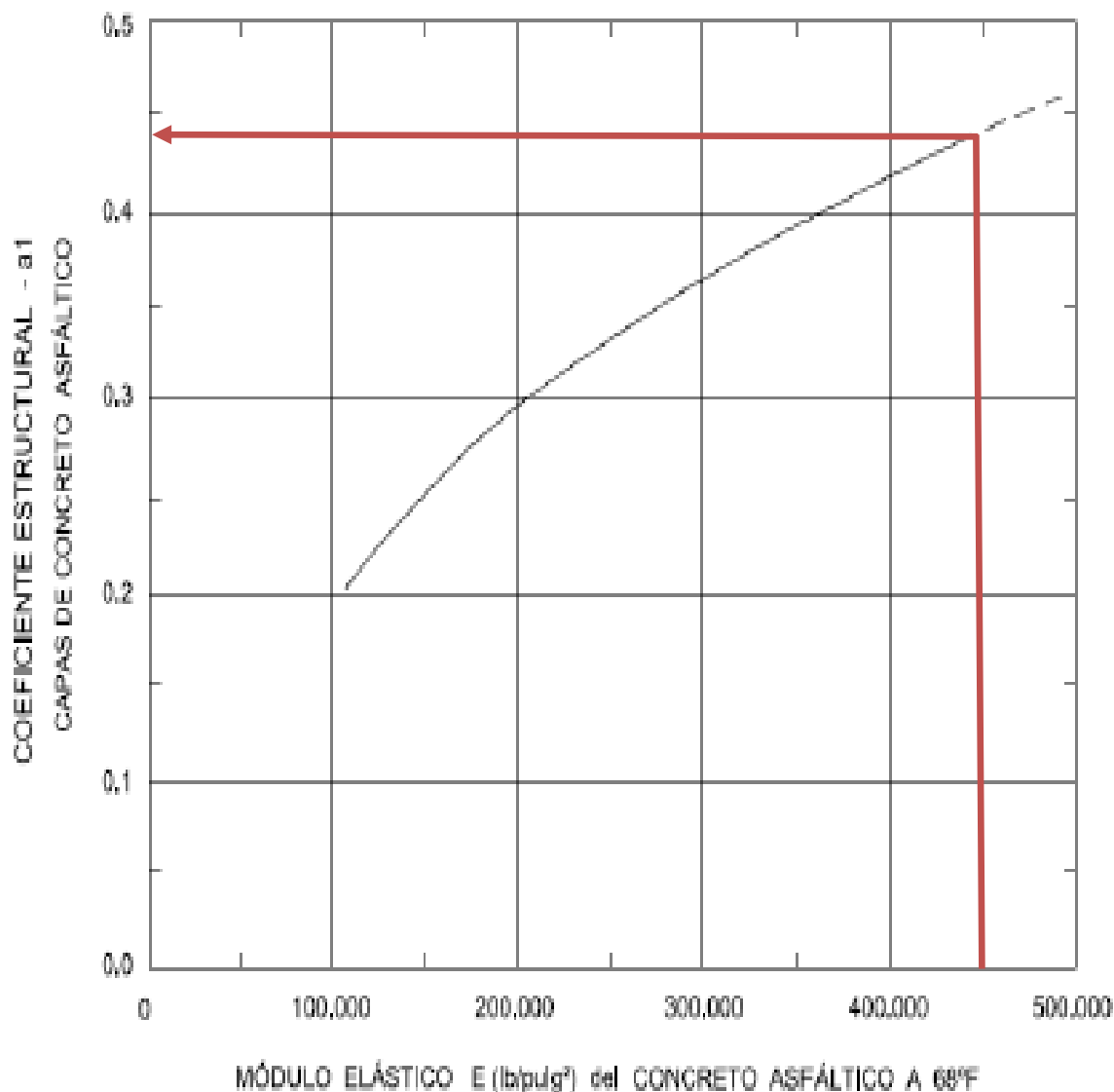
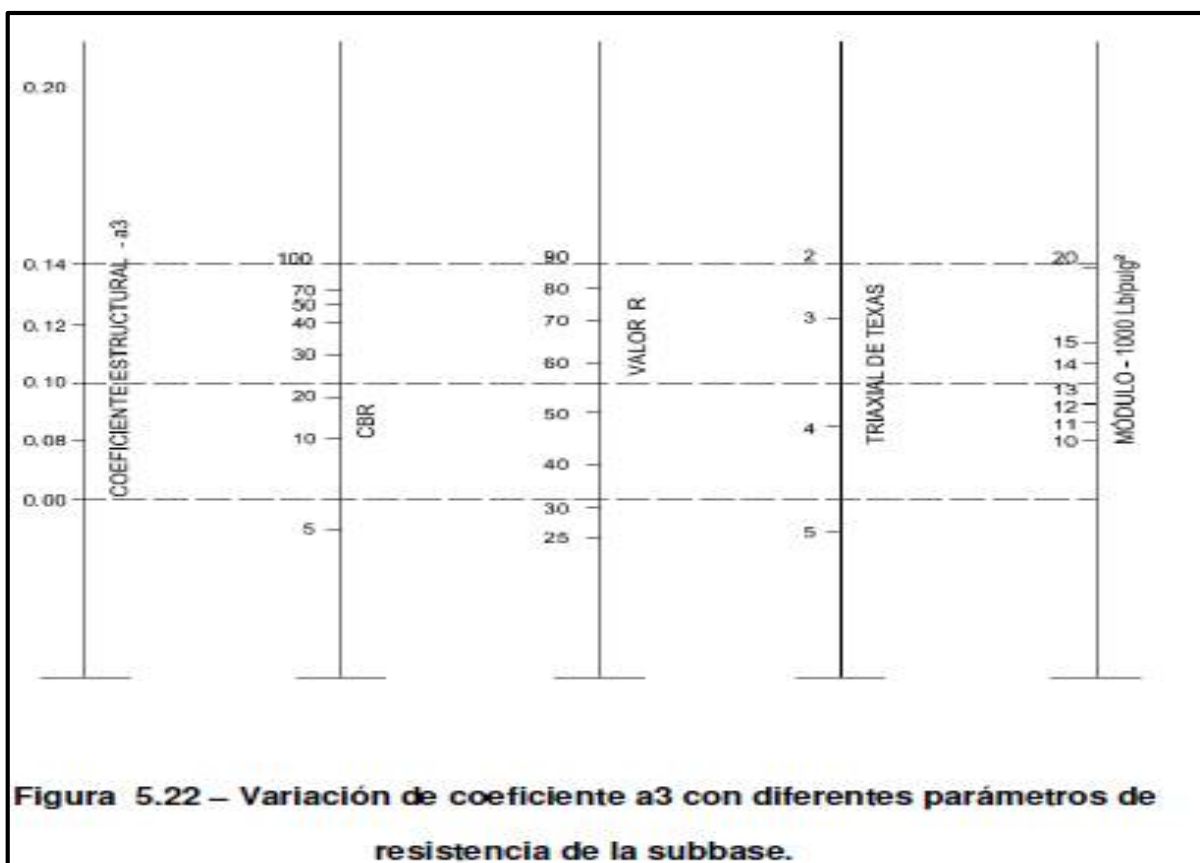
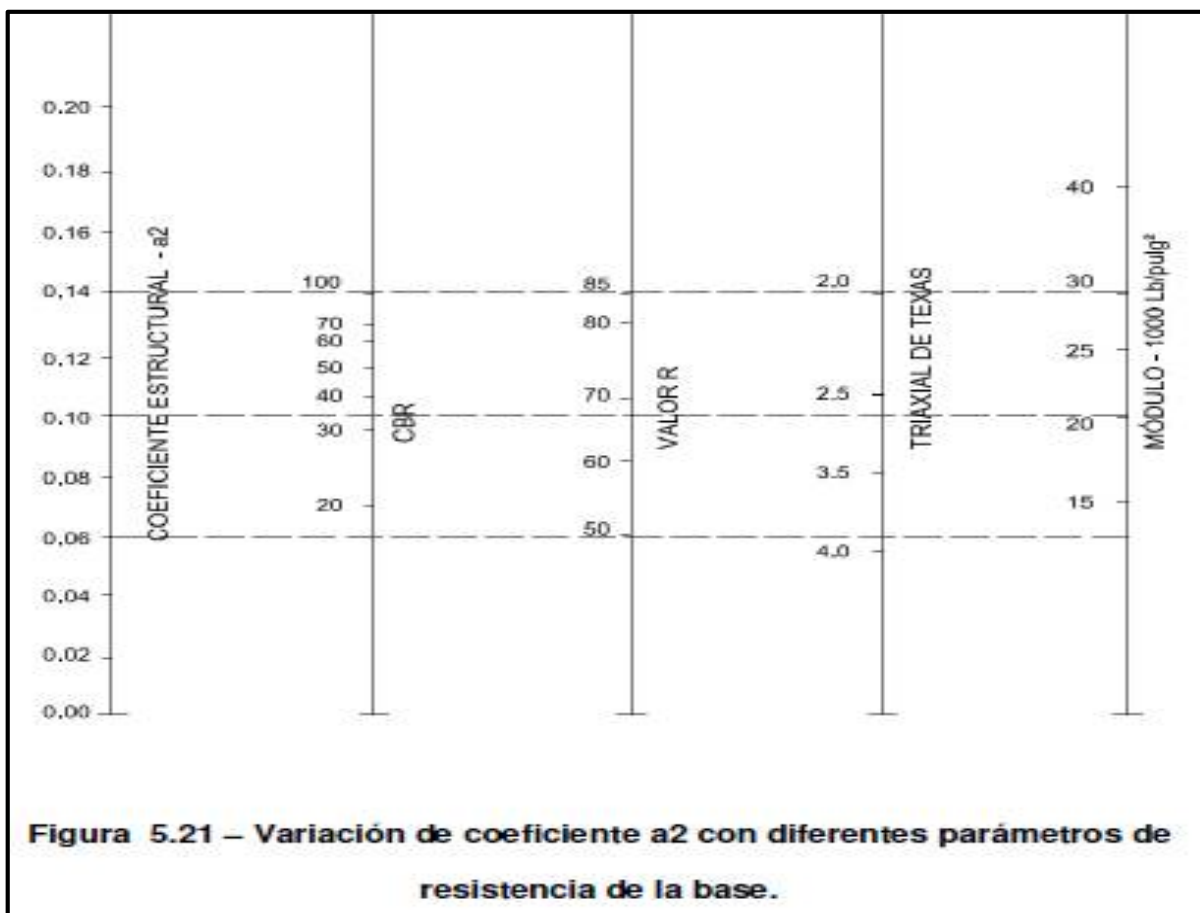


Figura 5.20 – Gráfica para hallar a_1 e función del módulo resiliente del concreto asfáltico.





ECUACION PARA EL CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL TOTAL

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante:
Mr 13689 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN **W18 = 147416.4394**
☐ Calcular W18

Número Estructural:
SN = 1.84

Calcular Salir

$$\log_{10}(W_{18}) = Zr * So + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07$$



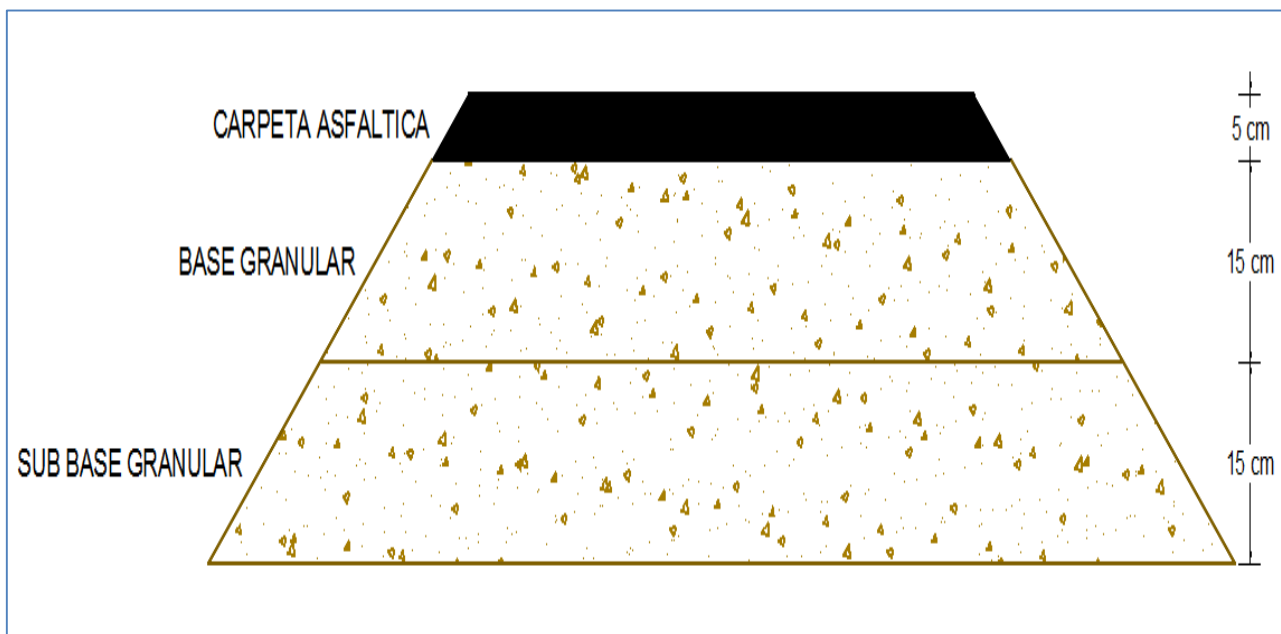
COMPARANDO AMBOS MÉTODOS

CAPAS	INST. ASFALTO	AASHTO - 93
	Espesor (Cm)	Espesor (Cm)
Carpeta Asfáltica	5.00	5.00
Base Granular	15.00	15.00
Sub base granular	15.00	15.00

Ambos métodos nos da como resultado los mismos espesores planteados, tomando como resultado final los siguientes espesores:

CAPAS	ESPESOR (cm)
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

ESPESORES DE CARPETA, BASE Y SUB BASE A UTILIZAR



Se concluye que el espesor del pavimento planteado para CBR percentil regirá para todo el tramo.



6.4.4 Mezclas asfálticas - Diseño - Índice de Bitumen:

6.4.1.1 Generalidades

Las mezclas asfálticas, en general están constituidas por dos elementos: el Bitumen o Asfalto y el material pétreo o agregado que se clasifican en agregado grueso, agregado fino y Filler y polvo mineral.

Al preparar una mezcla asfáltica, debe controlarse debidamente la granulometría del material pétreo y el porcentaje de asfalto a emplearse. Es necesario además que los agregados tengan una buena resistencia (porcentaje de desgaste por abrasión, según prueba de la maquina los ángeles, menor del 40% y que este bien gradado. La granulometría debe contener material pétreo y dependerá del tipo de asfalto y de la mezcla a emplearse.

El asfalto es un componente natural de la mayor parte de los petróleos que existen en disolución, el petróleo crudo se destila para separar sus diversas fracciones y recuperar el asfalto. En los yacimientos naturales el proceso se ha producido en forma similar y el asfalto en algunos casos se encuentra fácilmente libre de materias extrañas, mientras que en otras está mezclado con cantidades variables de minerales, agua y otras sustancias.

Las rocas porosas saturadas de asfaltos que se encuentran en algunos yacimientos naturales se conocen con el nombre de rocas asfálticas.

El asfalto es un material de particular interés para el ingeniero porque es un aglomerante resistente muy adhesivo altamente impermeable y duradero, es una sustancia plástica que da flexibilidad a controlar las mezclas de áridos con las que se combina usualmente. Además es altamente resistente a la mayor parte de los ácidos, álcalis y sales aunque es una sustancia solida y semi solida a temperaturas atmosféricas, puede licuarse fácilmente por aplicación de calor, por acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación.



6.4.1.2 Terminología del asfalto

El asfalto es utilizado como ligante para unir entre si las partículas de agregado pueden ser utilizadas como paliativas del polvo en tratamientos superficiales y para carpetas asfálticas. Los tipos de asfalto más comunes empleados en la pavimentación flexibles son:

- **Asfalto de petróleo**

Asfalto de la destilación del crudo del petróleo

- **Asfalto natural (nativa)**

Asfalto que se da en la naturaleza y que se ha producido a partir de evaporación de las fracciones volátiles; dejando las asfálticas.

- **Betún asfáltico (cemento asfáltico o asfalto de penetración)**

Asfalto refinado para satisfacer las especificaciones establecidas para materiales empleados en pavimentación.

- **Asfalto oxidado o soplado (asfalto industrial sólido con solvente: asfalto industrial líquido)**

Asfalto a través de cuya masa a la temperatura, se ha hecho pasar aire para dar características necesarias para ciertos usos espaciales, como fabricación de materiales para techados, revestimiento de tubos, inyección bajo pavimentos de hormigón hidráulicos, membranas envolventes y aplicaciones hidráulicas.

- **Asfalto solido o duro (brea dura)**

Asfalto cuya penetración a temperatura ambiente es menos que 10



- **Asfalto en polvo**

Asfalto solido o duro (brea dura) machacado o molido hasta un fino estado de subdivisión.

- **Asfalto fillerizado**

Asfalto que contiene materias minerales finamente molidas que pasan por el tamiz n° 200

- **Asfalto líquido**

Materiales asfálticos cuya consistencia blanda o fluida hace que se salga del campo en el que normal se aplica el ensayo de penetración, cuyo límite máximo es 300.

Son asfaltos líquidos los siguientes productos:

Cut - Backs

Betún asfáltico que ha sido fluidificado mezclándolo con disolvente de petróleo. Entre los **Cut - Backs** tenemos los siguientes:

- ✓ **Asfalto curado lento (SC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y aceite relativamente poco volátil.
- ✓ **Asfalto de curado medio (MC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo kerosene de volatilidad media.
- ✓ **Asfalto de curado rápido (RC):** asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo nafta o gasolina de volatilidad media.
- ✓ **Nomenclatura para los asfaltos líquidos o Cut Backs.**

Cut –Backs de curado rápido: RC-30; RC-70; RC-300

Cut –Backs de curado medio: MC-30; MC-70; MC-300

Cut –Backs de curado lento: SC-30; SC-70; SC-300



Asfalto Emulsificado

Emulsión de betún asfáltico en agua que contiene cantidades de agentes emulsificantes. Los asfaltos emulsificantes pueden ser: de tipo amónico o catódico, según el tipo de agente emulsificante empleado

Pintura Asfáltica

Producto asfáltico líquido que hay veces contiene pequeñas cantidades de otros materiales como negro de humo, polvo de aluminio y de pigmentos minerales.

- Gilsonita

Tipo de asfalto duro y quebradizo que se presenta en grietas de rocas o filones de los que extrae

6.4.1.3 Materiales pétreos o agregados para mezclas asfálticas

Los áridos o agregados para pavimentos bituminosos se emplean combinados con asfaltos de diferentes tipos para la preparación de mezclas de utilización muy diversas. Como los áridos constituyen normalmente el 90% en peso o más de estas mezclas, sus propiedades tienen gran influencia sobre el producto terminado. Los áridos más empleados son piedra y escoria partida, grava machacada o natural, arena y filler mineral.

En la construcción de pavimentos asfálticos el control de las propiedades de los áridos están importan te como en la del asfalto.

Agregados gruesos porción retenida por el tamiz N° 10. Consiste en grava natural (gravilla, grava de río, grava de mina etc.) O Piedra triturada. El agregado empleado en pavimentación es menor a una pulgada



Agregado fino, porción que pasa por el tamiz N° 10 y queda retenido en el tamiz N°200; puede ser arena natural (arena de duna, lago, etc.) o artificiales (chancado de grava o piedra).

Relleno mineral o filler. Es un polvo granular cuya mayor parte pasa el tamiz N° 200; puede ser roca finamente molida, cemento portland y otros materiales naturales o artificiales pulverizados. Se emplea en las mezclas en caliente.

Áridos graduados con una amplia distribución de tamaños de los más gruesos a los más finos, siendo el tamaño mayor mucho más grande que el pequeño.

Requisitos que deben cumplir los materiales pétreos

- No deben emplearse agregados pétreos que contengan materia orgánica en forma perjudicial o arcilla en grumos.
- No deben tener más del 20% de fragmentos suaves.
- Los agregados pétreos deben emplearse de preferencia seca o cuanto mucho con una humedad igual a la de absorción de este material. En caso contrario debe emplearse un adicionamiento en el asfalto.
- El tamaño máximo del agregado no será mayor de 2/3 partes de la carpeta asfáltica.
- El desgaste determinado con la máquina "Los Ángeles" no debe ser mayor de 40%.
- La absorción del material pétreo no debe ser mayor del 5%.
- El material pétreo deberá tener una adherencia con el asfalto.
- El agregado deberá cumplir con requisitos de granulometría de acuerdo al siguiente cuadro.



**EXIGENCIAS PARA LOS AGREGADOS DE CARPETAS ASFÁLTICAS
COMÚNMENTE USADOS**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	ASFALTO EN FRÍO		ASFALTO EN CALIENTE
	ESPEJOR = 1"	ESPEJOR= 2"	ESPEJOR =2"
1"	100	100	100
3/4"	95-100	-	80-100
1/2"	75-90	75-90	-
3/8"	67-85	-	60-80
N°04	50-65	50-70	48-65
N° 08	-	-	-
N° 10	-	35-50	35-50
N° 16	-		-
N° 40	15-25	20-30	-
N° 50	-	-	13-23
N° 100	-	-	-
N° 200	3-5	0-3	2-8

- Combinación De Los Áridos Para Producir Una Granulometría Determinada

Al proyectar mezclas asfálticas es con frecuencia mezclar varios tipos de áridos para producir una determinada granulometría. Las bases de áridos estabilizados y de hormigones asfálticos son ejemplos usuales de tales combinaciones de áridos.

Para producir una granulometría deseada es necesario de dos o cinco materiales diferentes, de acuerdo con la disponibilidades. Después de obtener la granulometría de los materiales, se calcula el porcentaje que se precisa para cada uno para conseguir una granulometría determinada, si los áridos empleados pueden dar tal combinación. Al hacer estas combinaciones es deseable siempre que sea factible, producir una granulometría que se aproxime lo más posible a la medida de los límites de las especificaciones.



Por eso resulta de gran interés para los Ingenieros el tener un método que siendo fácil y rápido tenga el suficiente detalle y aproximación para lograr una granulometría equilibrada. Es evidente que existen varias composiciones que darán buenos resultados pero habrá una que dará menor costo, debido a que necesitara la menor cantidad de asfalto, que es ingrediente más caro.

6.4.1.4 Pavimentos asfálticos

Los pavimentos asfálticos son combinados de agregados minerales y material asfáltico de varios espesores y tipos.

La carga de las ruedas para las que un pavimento se proyecta, determina el espesor del mismo y el tipo de construcción a emplearse.

Independientemente del espesor o tipos de pavimentos asfálticos, la carga se transmite a través de los áridos, y el asfalto sirve únicamente como agente cementante que fija los áridos en las posiciones adecuadas para transmitir las cargas adecuadas y aplicadas a las cargas inferiores donde se disipan finalmente.

- Clasificación

Los diversos tipos de pavimentos asfálticos flexibles se dividen en dos amplios grupos, con variadas subdivisiones para cada uno de ellos.

Clase I: mezcla en planta

- a. Hormigón asfáltico en caliente.
- b. Hormigón asfáltico en frío.
- c. Mezcla en carreteras y en planta móvil.



Clase II: sistema de penetración y estratificación

- a. Tratamiento asfáltico superficial, incluyendo riegos de sellados.
- b. Tratamiento superficial multicapa
- c. Macadam Asfáltico.

La clase I incluye todos los pavimentos asfálticos en el que los áridos se envuelven en asfalto y mezclado mecánico.

En clase II incluye todos los pavimentos que se forman colocando el asfalto y los áridos en distintos momentos o en capas separadas. Son sistemas estratificados o únicamente en el sentido de que se construyen por capas separadas. Son estos tipos de pavimentos usados para tráfico ligero y pesado.

En el presente proyecto, el pavimento asfáltico es de clase I específicamente HORMIGÓN ASFÁLTICO EN FRIO.



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

A. Material pétreo o agregado

Para el diseño de la mezcla asfáltica se ha considerado el material de la cantera del Rio Cascajal (Calicata N° 2), del análisis mecánico por tamizado, se observa que es necesario modificar la combinación natural de los agregados, para lo cual se emplea el método del triángulo.

El procedimiento es sencillo pues solo se necesita conocer el porcentaje retenido-acumulado en la malla N° 10 y el porcentaje que pasa la malla n° 200, quedando cualquiera de los materiales representando por un punto y las especificaciones por un cuadrilátero; así, se representara en el triángulo la piedra, arena y las especificaciones.

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE LA CANTERA RIO CASCAJAL (CALICATA N° 2)

TIPO DE MATERIAL		NATURAL			AGREGADO GRUESO O PIEDRA			AGREGADO FINO O ARENA		
P. ORIGINAL		5030.00			1817.12			2982.84		
PERD. LAVADO		230.04			0.00			0.00		
P. TAMIZADO		4799.96			1817.12			2982.84		
ABERT. MALLA		PESO			PESO			PESO		
Pulg.	mm	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA
3"	75	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100
2"	50	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1"	25	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
3/4"	19	496.14	9.86	90.14	496.14	27.30	72.70		0.00	100.00
1/2"	12.5	430.25	8.55	81.58	430.25	23.68	49.02		0.00	100.00
3/8"	9.5	652.27	12.97	68.62	652.27	35.90	13.12		0.00	100.00
N° 4	4.75	238.46	4.74	63.87	238.46	13.12	0.00		0.00	100.00
N° 10	2	762.05	15.15	48.72		0.00	0.00	762.05	25.55	74.46
N° 20	0.85	615.47	12.24	36.49		0.00	0.00	615.47	20.63	53.83
N° 40	0.425	498.37	9.91	26.58		0.00	0.00	498.37	16.71	37.12
N° 50	0.3	264.15	5.25	21.33		0.00	0.00	264.15	8.86	28.26
N° 100	0.15	582.43	11.58	9.75		0.00	0.00	582.43	19.53	8.73
N° 200	0.074	125.24	2.49	7.26		0.00	0.00	125.24	4.20	4.53
PLATILLO		135.13	7.26	0.00	0.00	0.00		135.13	4.53	
SUMATORIA PLAT.		135.13			0.00			135.13		
SUMA TOTAL		4799.96			1817.12	100.00		2982.84	100.00	



Del agregado de la cantera se tiene:

	PIEDRA	ARENA
Material grueso retenido en la malla n° 10	100 %	25.55%
Limo y arcilla que pasa la malla N° 200	0.00%	4.53%

De las especificaciones para carpeta asfáltica en Frío de espesor 2"

	PIEDRA	ARENA
Material grueso retenido en la malla n° 10	65%	50%
Limo y arcilla que pasa la malla N° 200	0%	3%

Se observa que los agregados a utilizar no cumplen las especificaciones de granulometría por lo tanto se decide calcular las proporciones de mezcla.

EN EL TRIÁNGULO EQUILÁTERO:

a) **MALLA N° 10:** % retenido acumulado

Piedra : 100%

Arena : 25.54%

b) **MALLA N° 200:** % que pasa

Piedra : 0%

Arena : 4.53%

Los puntos A y B quedan determinados por:

A (100,0) y B (25.54, 4.53)

Las especificaciones quedan determinadas en el triángulo, por cuatro líneas:

Material grueso: 50% y 65% y Limo Arcilla: 0% y 3%



En el gráfico se muestra el triángulo equilátero donde se une el punto **A** con el punto **B**, se toma un punto **M** que queda dentro del cuadrilátero de las especificaciones, donde:

\overline{AM} : % de arena

\overline{BM} : % de piedra

Si:

$$\overline{AMB} = 72.33 \text{ m}$$

$$\overline{AM} = 41.77 \text{ m}$$

$$\overline{BM} = 30.56 \text{ m}$$

Luego:

$$\text{PIEDRA} = \frac{\overline{BM}}{\overline{AMB}} \times 100$$

$$\text{PIEDRA} = \frac{30.56}{72.33} \times 100 = 42.25 \% = 42.00\%$$

$$\text{ARENA} = \frac{\overline{AM}}{\overline{AMB}} \times 100$$

$$\text{ARENA} = \frac{41.77}{72.33} \times 100 = 57.75\% = 58.00\%$$

$$\text{Entonces: } \left\{ \begin{array}{l} - \text{PIEDRA} = 42.00\% \\ - \text{ARENA} = 58.00\% \end{array} \right.$$

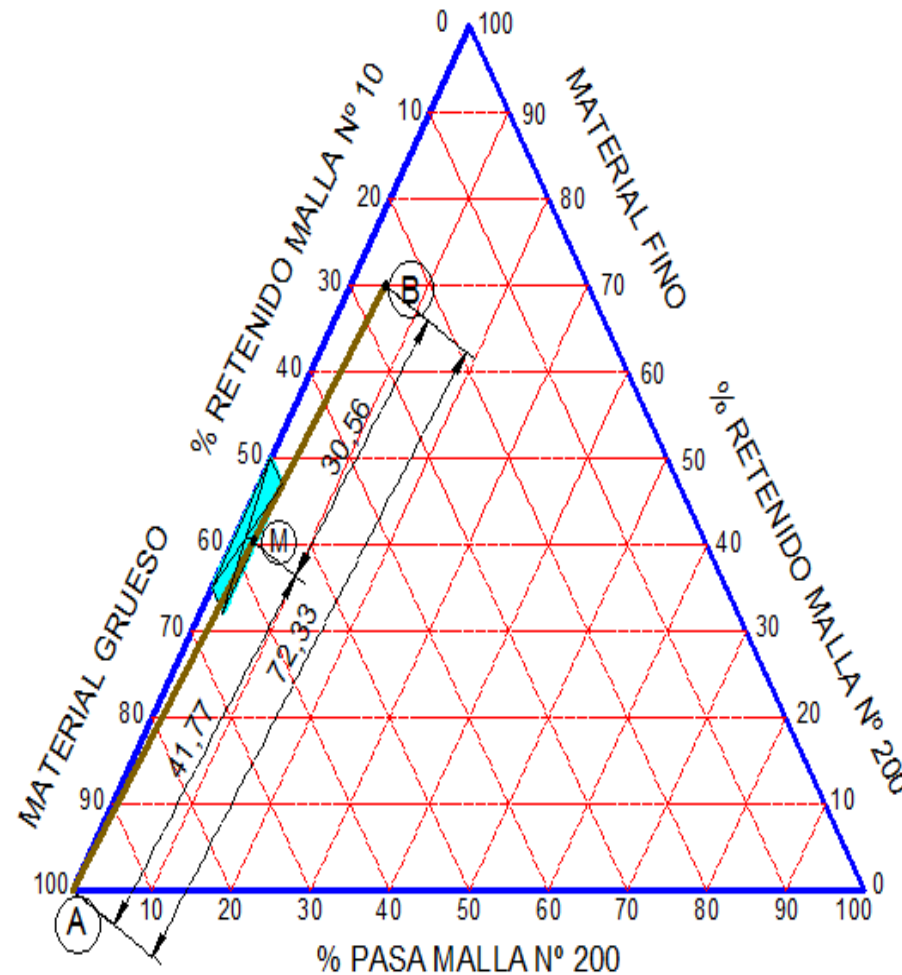


En la tabla se efectúa la verificación de los porcentajes de agregados en la mezcla.

**VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES PARA LA MEZCLA
PLANTEADA**

MALLA O TAMIZ	PIEDRA % RETENIDO	ARENA % RETENIDO	42% DE PIEDRA	58% DE ARENA	% RETENIDO EN MEZCLA	% QUE PASA	% QUE PASA ESPECIFICACIONES
1 1/2"						100.00	
1"	0.00		0.00		0.00	100.00	100.00
3/4"	27.30		11.47		11.47	88.53	
1/2"	23.68		9.94		9.94	78.59	75 - 90
3/8"	35.90		15.08		15.08	63.51	
Nº 4	13.12		5.51		5.51	58.00	50 - 70
Nº 10	0.00	25.55		14.82	14.82	43.18	35 - 50
Nº 20	0.00	20.63		11.97	11.97	31.21	
Nº 40	0.00	16.71		9.69	9.69	21.52	20 - 30
Nº 50	0.00	8.86		5.14	5.14	16.39	
Nº 100	0.00	19.53		11.33	11.33	5.06	
Nº 200	0.00	4.20		2.44	2.44	2.63	0 - 3
PLATILLO	0.00	4.53		2.63	2.63	0.00	
Σ	100.00	100.00			100.00		

METODO DEL TRIANGULO EQUILATERO PARA OBTENER UNA MEZCLA DE AGREDOS DESEADA



DATOS:

A = (100.00% , 0.00%)

B = (25.54% , 4.53%)

M = (57.50% , 1.50%)

RESULTADOS:

AMB = 72.33m

AM = 41.77m

BM = 30.56m



**CÁLCULO DEL % DE ASFALTO EN LA MEZCLA
MÉTODO DEL ÁREA SUPERFICIAL EQUIVALENTE**

Malla		% Ret	A (Peso unitario por peso)	k pie ² /lb	Área equiv. ak
Pasa	Ret				
1	N° 3	36.00	0.360	3	1.08
N° 3	N° 10	21.00	0.210	5	1.05
N° 10	N° 20	12.00	0.120	11	1.32
N° 20	N° 30	-	-	18	-
N° 30	N° 40	10.00	0.100	27	2.70
N° 40	N° 50	5.00	0.050	36	1.80
N° 50	N° 80	-		55	-
N° 80	N° 100	11.00	0.110	75	8.25
N° 100	N° 200	2.00	0.020	120	2.40
N° 200	-	3.00	0.030	250	7.50
	SUMA	100.00	1.00		26.10

DATOS:

Ae= 26.10 pie²/lb

IA = Curva N° 05 = 0.0015

%AG= 42%

%AF= 58%

$$P_{em} = \frac{100}{\frac{\%AG}{GS_{AG}} + \frac{\%AF}{GS_{AF}}}$$

$$P_{em} = \frac{100}{\frac{42}{2.68} + \frac{58}{2.50}} = 2.57$$

$$\%CA = \frac{A_e * I_a * 2.65}{P_{em}} * 100$$



$$\%CA = \frac{25.76 * 0.0015 * 2.65}{2.57} * 100 = 3.98\%$$

Para MC - 30 con 20% de solvente (certificado de calidad), de carpeta asfáltica en Frío.

$$MC - 30 = 3.98/0.80 = 4.98\%$$

ENTONCES SE CONSIDERA:

Material Pétreo: se tomara el 95.02% en peso

Asfalto MC - 30: se tomara el 4.98%, sumado ambos da el 100%.

B. Cálculo del volumen absoluto de la mezcla asfáltica

Empleando la siguiente fórmula:

$$VOLUMEN\ ABSOLUTO = \frac{P}{S\gamma_w}$$

Donde:

P= peso de cada uno de los componentes de la mezcla

S= peso específico

γ_w = densidad del agua

Por comodidad se adopta una mezcla de peso total igual a 100 Kg; esto implica que el material pétreo pesara 95.02% y el asfalto 4.98% se considera además que se obtendrá una mezcla sin vacíos cuando este compactada o rodillada.

El volumen absoluto de la mezcla será la suma de los volúmenes absolutos de cada uno de sus componentes

AGREGADO GRUESO	: 0.42*(95.02) = 39.91%
AGREGADO FINO	: 0.58*(95.02) = 55.11%
ASFALTO	: 4.98%
TOTAL	: 100%



VOLUMEN ABSOLUTO PARA 100 KG MEZCLA

$$\begin{aligned}\text{VOLUMEN DEL AG} &= 39.91/2.68 = 0.01489 \text{ m}^3 \\ \text{VOLUMEN DEL AF} &= 55.11/2.50 = 0.02204 \text{ m}^3 \\ \text{VOLUMEN DEL ASFALTO} &= 4.98/1 = 0.00498 \text{ m}^3\end{aligned}$$

VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA = 0.0419 m³

Este valor representara el volumen teórico sin vacíos de una mezcla que pesa 100 Kg. Y que se encuentra bien compactada. Ahora se calculará la cantidad necesaria de los materiales componentes en Kg. Para obtener un m³ de mezcla asfáltica

$$\begin{aligned}\text{AGREGADO GRUESO} &: 39.91/0.0419 = 952.51 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{AGREGADO FINO} &: 55.11/0.0419 = 1315.27 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{ASFALTO} &: 4.98/0.0419 = 118.85 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{TOTAL} &= 2386.63 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

El valor calculado anteriormente indica su densidad o peso unitario teórico, pero en forma práctica las mejores mezclas rodilladas no alcanzan este valor por lo que se adopta como valor máximo alcanzable 2200 Kg/m³ entonces se corrige los pesos encontrados anteriormente.

$$\begin{aligned}\text{AGREGADO GRUESO: } &952.51 \cdot 2200 / 2386.63 = 878.03 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{AGREGADO FINO} &: 1315.27 \cdot 2200 / 2386.63 = 1212.41 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{ASFALTO} &: 118.85 \cdot 2200 / 2386.63 = 109.56 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{TOTAL} &= 2200 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

C. Cálculo en peso de cada componente en m² de mezcla asfáltica

Se multiplica en primer lugar, por el espesor de la carpeta asfáltica planteada (2"= 5cm) a los pesos específicos corregidos en el paso anterior.

$$\begin{aligned}\text{AGREGADO GRUESO: } &878.03 \cdot 0.05 = 43.90 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{AGREGADO FINO} &: 1212.41 \cdot 0.05 = 60.62 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{ASFALTO} &: 109.56 \cdot 0.05 = 5.48 \text{ Kg/m}^2 \text{ (1.45 gal/m}^2\text{)}\end{aligned}$$

(1 GALÓN AMERICANO= 3.785 lt.)



D. Materiales en volumen por m² de carpeta asfáltica

AGREGADO GRUESO:	43.90/1450	= 0.030 m ³ /m ²
AGREGADO FINO	: 60.62/1390	= 0.044 m ³ /m ²
ASFALTO	: 5.48/1000	= 0.00548 m ³ /m ²
TOTAL		= 0.07947 m³/m²

Especificaciones generales para las carpetas asfálticas:

Se trata de una mezcla de agregado mineral (agregado grueso y agregado fino) y asfalto líquido

- Agregado grueso

El agregado grueso será la porción del agregado retenido en el tamiz N° 10. Consistirá en fragmentos durables de piedra triturada limpia y calidad uniforme, debe estar libre de materia orgánica y otra sustancia perjudiciales que se encuentren libre o adheridas al agregado.

La piedra de la cual será extraída del agregado debe poseer una abrasión no mayor de 40 cuando se someta al ensayo de "LOS ÁNGELES", la piedra debe estar triturada de modo que sus partículas presenten una cara triturada por lo menos en un 90% de sus partículas. No se aceptan piezas chatas o alargadas, cuando se prueben para determinar la durabilidad con el sulfato de sodio, el porcentaje de pérdida máximo será de 12%.

Al ser probado por el método tentativo de ensayos para revestimientos y desprendimiento en mezclas-agregado bitumen, deberá tener un porcentaje retenido de más del 95%. En caso contrario deberá usarse un aditivo aprobado por el ingeniero supervisor.

El material deberá estar libre de materia orgánica y de terrones de arcilla y partículas adheridas de arcilla y otros materiales que podrán impedir una impregnación total en el producto bituminoso.



- Agregado fino

Será la porción del agregado que pasa el tamiz o malla N° 10 y que queda retenido en la malla N° 200 y consistirá de arena natural o cerniduras de piedra que a su vez se compondrá de partículas durables que estén libres de arcillas u otras materias dañinas.

El porcentaje de pérdida en la prueba de durabilidad al sulfato de sodio después de 5 ciclos no será mayor del 15%.

- Asfalto líquido MC-30

El asfalto líquido de rápido medio (MC-30) deberá cumplir con las siguientes condiciones:

Pruebas de material asfáltico

Punto de inflamación (capa abierta de Tag), °C mínimo	27
Viscosidad Saybolt- Furol: a 60°C, segundos	250-500
Destilación: % del total destilado a 360°C hasta 45°C, mínimo	25
Residuo de la destilación a 360°C	
% del volumen total por diferencia mínimo	73
Agua por destilación: % máx.	0.20

Pruebas al residuo a la destilación

Penetración grados	80 – 120
Ductilidad en centímetros	100
Solubilidad en tetra cloruro de carbono: %min.	99.5

El asfalto líquido MC-30 estará libre de agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse.

La graduación de cada uno de los componentes producirá, al estar bien proporcionados, una mezcla conforme a los límites de graduación indicada en el siguiente cuadro:



REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADO MINERAL MEZCLADO

TAMAÑO DE LA MALLA (ABERTURA CUADRADA)	ASFALTO EN FRÍO
	AGREGADO COMBINADO TOTAL QUE PASA PARA EL PORCENTAJE
1"	100
1/2"	75-90
N°04	50-70
N° 10	35-50
N° 40	20-30
N° 200	0-3
ESPESOR DE LA CARPETA	2"

El ingeniero supervisor especificará y aprobará la mezcla sujeta a las siguientes condiciones:

- ✓ Estará entre los límites de graduación de tipo especificado
- ✓ La graduación de la mezcla se aproximará lo más posible al término medio del % que pasa por cada tamaño del tamiz del tipo de mezcla seleccionada.
- ✓ La mezcla al ser compactada por métodos del laboratorio tendrá una densidad no menor del 95% de la densidad calculada de una mezcla sin vacíos compuestos de materiales similares en iguales proporciones.

El contratista presentará por escrito una fórmula de trabajo que incluya % de agregado grueso, fino y bituminoso, la que deberá ser aprobada por el ingeniero supervisor. Cualquier cambio de fuente de aprovisionamiento de materiales deberá ser aprobado por el ingeniero previa presentación de una nueva fórmula de trabajo.



CAPITULO VII

ESTUDIOS

HIDRAULICOS



7.1. GENERALIDADES

ESTUDIO HIDROLOGICO

Mediante el Estudio Hidrológico e Hidráulico se ha verificado la capacidad hidráulica del sistema existente respecto a la demanda hidrológica del Camino Vecinal, cuyo estudio se centrara en determinar las intensidades máximas de las lluvias, en las cuencas de las quebradas que atraviesan dicho proyecto.

El estudio hidrológico está orientado a determinar los caudales de diseño de las obras de drenaje, que consisten en alcantarillas, badenes y cunetas, etc.

El sistema de drenaje de una carretera tiene esencialmente dos finalidades: a) preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera y b) restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, natural del terreno o artificial, de estructuras, construidas previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción de carretera que, sin un debido cuidado, resultarían causando daños en el medio ambiente, algunos posiblemente irreparables.

Desde estos puntos de vista y de una manera práctica, debe considerarse:

a. En la etapa del planeamiento;

Debe aplicarse los siguientes criterios para la localización del eje de la carretera:

1. Evitar en lo posible localizar la carretera en territorios, húmedos o pantanosos; zonas de huaicos mayores; zonas con torrentes de aguas intermitentes; zonas con corrientes de aguas subterráneas y las zonas inestables y/o con taludes pronunciadas.
2. Evitar en lo posible la cercanía a reservorios y cursos de agua existente, natural o artificial, especialmente si son causa de posibles erosiones de la plataforma de la carretera.

b. En la etapa de diseño del sistema de drenaje;



1. Mantener al máximo en los taludes, la vegetación natural existente.
2. No afectar o reconstruir, perfeccionándolo, el drenaje natural del territorio (cursos de agua).
3. Canalizar el agua superficial proveniente de lluvias sobre la explanación de la carretera hacia cursos de agua existentes fuera de la carretera evitando que tenga velocidad erosiva.
4. Bajar la napa freática de aguas subterráneas a niveles que no afecten la carretera.
5. Proteger la carretera contra la erosión de las aguas.

La aplicación de estos criterios lleva al diseño de soluciones de ingeniería que, por su naturaleza, se agrupan en la forma siguiente:

- Drenaje superficial.
- Drenaje subterráneo.

7.2. DRENAJE SUPERFICIAL

7.2.1. Consideraciones Generales

a) Finalidad del Drenaje Superficial

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales



- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

b) Criterios Funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales, según se mencionan a continuación:

- Las soluciones técnicas disponibles
- La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.
- Los daños que eventualmente producirán los caudales de agua correspondiente al PERÍODO de retorno, es decir los máximos del PERÍODO de diseño.

Al paso del caudal de diseño, elegido de acuerdo al PERÍODO de retorno y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

- En los elementos de drenaje superficial, la velocidad del agua será tal que no se produzca daños por erosión ni por sedimentación.
- El máximo nivel de la lámina de agua dentro de una alcantarilla será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.

c) Periodo de Retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña la carretera.

En general, se aceptan riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discurra un caudal mayor al



de diseño, sean menores y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños cuando los daños probables sean mayores.

El riesgo o probabilidad de excedencia de un caudal en un intervalo de años está relacionada con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.

En el cuadro adjunto, se muestran los valores de riesgo de excedencia del caudal de diseño, durante la vida útil del elemento de drenaje para diversos Periodos de retorno.

RIESGO DE EXCEDENCIA (%) DURANTE LA VIDA ÚTIL PARA DIVERSOS PERIODOS DE RETORNO

Período de retorno (años)	Años de vida útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.3%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%
10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%

Se recomienda adoptar Periodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas y para las alcantarillas de alivio. Para las alcantarillas de paso, el Periodo de retorno aconsejable es de 50 años.

Para los pontones y puentes, el Periodo de retorno no será menor a 100 años. Cuando sea previsible que se produzcan daños catastróficos en caso de que se excedan los caudales de diseño, el Periodo de retorno podrá ser hasta de 500 años o más.



En el siguiente cuadro, se indican Periodos de retorno aconsejables según el tipo de obra de drenaje.

**PERÍODOS DE RETORNO PARA DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE EN
CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO**

TIPO DE OBRA	Periodo de Retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

d) Riesgos de Obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debido a cuerpos arrastrados por la corriente.

Entre los elementos del drenaje superficial de la plataforma, el riesgo es especialmente mayor en los sumideros y colectores enterrados, debido a la presencia de elementos flotantes y/o sedimentación del material transportado por el agua. Para evitarlo, se necesita un adecuado diseño, un cierto sobre dimensionamiento y una eficaz conservación y mantenimiento.

El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal (alcantarillas de paso de cursos naturales), fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente, dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- **Riesgo Alto:** Existe peligro de que la corriente arrastre árboles y rocas u objetos de tamaño parecido.



- **Riesgo Medio:** Pueden ser arrastradas cañas, arbustos ramas y objetos de dimensiones similares en cantidades importantes.
- **Riesgo Bajo:** No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

Si el riesgo fuera alto, deberá procurarse que la sobras de drenaje transversal no funcionen a sección llena, dejando entre el nivel superior de la superficie del agua y el techo del elemento un borde libre, para el nivel máximo del agua, con un resguardo mínimo de 1.5 m, manteniendo en una anchura no inferior a 12 m.

Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad. De no cumplirse estas condiciones, deberá tenerse en cuenta la sobre elevación del nivel del agua que pueda causar una obstrucción, aplicando en los cálculos una reducción a la sección teórica de desagüe.

También se podrá recurrir al diseño de dispositivos para retener al material flotante, aguas arriba y a distancia suficiente. Esto siempre que se garantice el mantenimiento adecuado.

7.3. CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Para el cálculo del caudal de escorrentía, existen varios métodos entre los cuales se mencionan:

7.3.1. Métodos Racionales

7.3.1.1. Método Racional

Consiste en emplear una fórmula que indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria, y se expresa así:

$$Q = 27.52C I A$$



Siendo:

Q = Gasto en litros por Segundo

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetros por hora.

A = Área a drenar en hectáreas.

Esta fórmula está basada en ciertas hipótesis como:

- La proporción del escurrimiento resultante, de cualquier intensidad de lluvia, es un máximo cuando esta intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración.
- El máximo escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación: o sea que se supone una relación lineal entre Q e I , dando como consecuencia que Q sea igual a cero cuando I sea igual a cero.
- El coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada y para lluvias de diversas frecuencias.
- La relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje es la misma que la relación entre duración e intensidad de precipitación.

Como puede observarse, el método racional no toma en cuenta ni las variaciones de la intensidad de la lluvia en el área durante todo el tiempo de concentración, ni tampoco el efecto de almacenamiento en la cuenca a drenar, ya que supone que la descarga es igual a la precipitación pluvial menos toda la retención de la cuenca.

La fórmula del método racional siempre sobrestima el escurrimiento, con errores apreciables a crecer el tamaño del área a drenar.



La aplicación del mismo deberá circunscribirse a áreas de drenaje relativamente pequeñas, hasta 200 acres (104 Has) conforma a la F.H.A. (Federal Highway Administraron).

**COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO QUE SE UTILIZAN EN EL
MÉTODO RACIONAL**

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Pavimentación de concreto bituminoso	0.80-0.90
Caminos de grava textura abierta	0.40-0.60
Tierra desnuda	0.20-0.80
Praderas de césped	0.10-0.40
Campos cultivados	0.20-0.40
Arenas de bosques	0.10-0.20
Ligeramente permeables	0.15-0.40
Suelos permeables	0.05-0.10

Cuando se proyecta una alcantarilla ya sea por el método de comparación o ya sea por el método empírico, el área se obtiene directamente y por lo tanto se puede proceder a proyectar la forma, pendiente, etc.; de la alcantarilla.

Sin embargo, cuando se sigue el método de Sección y Pendiente, el método de la Precipitación Pluvial o el método racional, lo que se obtiene es el gasto Q que llega a la alcantarilla, y por lo tanto es necesario calcular el área hidráulica de la misma para dar paso a ese gasto.

Generalmente, al proyectar las obras de drenaje, se acostumbra proporcionar el área hidráulica de esta manera que nunca trabajen como conducto lleno ya que ello supone que el nivel de agua se eleva a la entrada de la alcantarilla lo que traería como consecuencia inundaciones de los terraplenes adyacentes.



7.3.1.2. Método Racional ARMCO

Este Método es utilizado con resultados satisfactorios en drenaje de aeropuertos durante los últimos 35 años. Plantea la siguiente ecuación:

$$Q = AIR / 36f$$

Siendo:

Q = Gasto de escurrimiento superficial.

I = Factor de Escurrimiento superficial o Impermeabilidad Relativa.

A = Área drenada en hectáreas.

R = precipitación (cm/hora).

f = Factor para compensar la pendiente de la superficie.

FACTOR "f" APLICADO EN EL MÉTODO RACIONAL ARMCO

PENDIENTES	FACTOR "f"
≤ 0.5	3.0
0.5 % a 1.0 %	2.5
≥ 1.0 %	2.0



VALORES DE "I" PARA APLICACIÓN EN MÉTODO RACIONAL ARMCO

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	FACTOR DE ESCURRIMIENTO "I"
CALLES	
Asfalto	0.70-0.95
Concreto	0.80-0.95
Adoquín	0.70-0.85
Aceras y andadores	0.75-0.85
Techos	0.75-0.95
CAMINOS	
Pavimento de macadam	0.30-0.45
Pavimento asfáltico	0.85-0.95
Grava, textura abierta	0.40-0.60
Tierra desnuda	0.02-0.80

7.3.2. Métodos Experimentales

7.3.2.1. Método de la Precipitación Pluvial

– Fórmula de Burkli–Ziegler

Consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto en este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de la clase de suelo de dicha área. Los tres últimos datos se pueden determinar en cualquier lugar en el momento en que se necesiten, más no así la precipitación pluvial la cual es necesario conocer su valor máximo en un número bastante grande en años.



A continuación se anotará la fórmula de Burkli - Ziegler para calcular el gasto máximo de una alcantarilla debido a un aguacero intenso en un área tributaria determinada pequeña (menos de 250 Has). La expresión de dicha fórmula es:

$$Q = 0.022 C A I (S/A)^{(1/4)}$$

Dónde:

Q = Gasto de la alcantarilla en (m³/seg), aportado por la cuenca tributaria.

A = Área tributaria de la cuenca en Has.

I = Precipitación pluvial en centímetros por hora, correspondiente al aguacero más intenso (de 10 minutos de duración en total).

S = Pendiente promedio de la inclinación de la cuenca en metros por Kilómetro (m/Km).

**COEFICIENTE "C" PARA APLICACIÓN EN LA FÓRMULA DE BURKLI –
ZIEGLER**

CLASE DE SUELO	"C"
Para calles pavimentadas y distritos comerciales	0.75
Para calles ordinarias de la ciudad	0.625
Para parques y calles con macadam	0.30
Para terrenos de cultivo	0.25



– Fórmula de Dickens

Consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua. Se emplea para calcular el gasto máximo producido en una alcantarilla, debido a una lluvia de 24 horas de duración en un área tributaria grande, ósea de 0.25 Km². Esta fórmula plantea:

$$Q = 0.01386 C(A)^{1/4}$$

Dónde:

Q = Escurrimiento o gasto que tomará la alcantarilla o puente (m³/seg.) aportado por toda el área.

A = Área tributaria (Km²)

C = Coeficiente que depende de la clase de terreno y de la altura total de lluvia en 24 horas.

VALORES DE COEFICIENTE "C" PARA APLICACIÓN EN FÓRMULA DE DICKENS

CLASE DE TERRENO	Años de vida útil	
	10 cm en 24 horas	15 cm en 24 horas
Terreno plano	200	300
Terreno suave	250	325
Mucho lomerío	300	350



7.3.3. Métodos Empíricos

Estos métodos son especialmente usados cuando no ha existido ninguna obra de arte en el lugar y cuando no hay datos respecto al gasto máximo del arroyo, ni datos de precipitación pluvial.

Estos métodos están bastante generalizados y consiste en el empleo de ciertas fórmulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de las características topográficas de la curva a drenar.

Encontrando el área hidráulica por medio de las fórmulas empíricas ya sea la de Talbot, la de Peck, o la de Meyers, se ha visto que los resultados difieren bastante entre sí, y que los valores encontrados con la fórmula de Talbot son los que más se acercan al promedio de los valores obtenidos con las fórmulas. Debido a lo anterior por lo que generalmente, se emplea más la fórmula de Talbot que la Peck o la de Meyers.

La fórmula de Talbot está basada en un gran número de observaciones efectuadas en el medio oeste de los Estados Unidos y no toma en cuenta la intensidad de lluvia (mm/hora), ni la velocidad del escurrimiento, ni otros factores racionales, no se conoce a ciencia cierta la intensidad máxima observada, pero se supone que fue de 100 mm/hora.

La velocidad de escurrimiento fue variable, algo menos de 3 m/s.

La fórmula de Talbot da directamente el área de la alcantarilla requerida:

$$Q = 0.183 C (A)^{3/4}$$

Dónde:

a = área libre del tubo o área hidráulica (m²)

A = Área que se desea drenar (Ha)

C = Coeficiente que depende de la topografía del suelo



VALORES DE "C" PARA APLICACIÓN EN FÓRMULA DE TALBOT

TOPOGRAFIA DEL SUELO	"C"
Para terrenos con suelo rocosos y pendiente abruptas	1.00
Para terrenos quebrados con pendientes moderadas	2/3
Para valles irregulares muy anchos en comparación con su largo	1/2
Para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo del valle es 3 ó 4 veces el ancho	1/4
Para zonas a nivel, no afectadas por acumulación de nubes o inundaciones fuertes.	1/5

Para condiciones más favorables o terrenos con drenaje subterráneo se disminuye C en un 50%, pero se aumenta para las laderas con pendientes pronunciadas o cuando la parte alta del valle tenga un declive muy superior al canal de alcantarilla.

7.3.4. Métodos Directos

7.3.4.1. Método de Sección Pendiente

Consiste en determinar el gasto del cauce por medio de secciones hidráulicas definidas y de la pendiente del arroyo. Para ello es necesario valerse de las huellas de las aguas máximas en el sitio en que se colocará la alcantarilla y determinar la sección y la pendiente del cauce en el cruce y en dos secciones definidas en las cuales las márgenes sean altas y sobrepasen el nivel de las aguas máximas.

El gasto máximo se calculará en función del área hidráulica, el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las paredes del cauce.

Con estos elementos, y mediante la fórmula de Manning se obtiene la velocidad que multiplicada por el área hidráulica correspondiente nos proporciona el gasto máximo para el que debe proporcionarse la alcantarilla.



Sin embargo, es muy frecuente que a pesar de tratarse de un cauce bien definido, no se encuentren huellas dejadas por el agua, por lo que en estos casos conviene deducir el gasto mediante el procedimiento de la precipitación pluvial.

El caudal se calcula mediante la fórmula de Manning que está en función del área hidráulica, Radio Hidráulico, pendiente y coeficiente de rugosidad, su fórmula es:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A$$

Dónde:

Q = Gasto en m³/seg.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

R = Radio Hidráulico en metros, éste igual al área de la sección transversal del flujo (m²) dividido por el perímetro mojado (m).

S = Pendiente del cauce promedio (m/m).

V = Velocidad media del flujo (m/s).



7.4. CÁLCULO HIDRÁULICO

El tipo de información requerida para el presente proyecto es la pluviométrica. Para el ingeniero es importante la precipitación, ya que a través de ella determina el almacenamiento de agua, la descarga de los ríos y en especial el escurrimiento superficial.

En la meteorología y en la hidrología la precipitación sobre el área drenada se expresa en dos formas: como la altura media del agua en mm. Caída uniformemente y como volumen.

Definimos a la hidrología como la ciencia que estudia el régimen y la actividad de las aguas superficiales, y al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, se denomina ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico se produce con la intervención de varios factores como la atmósfera, el viento, evaporación, precipitación, temperatura, infiltración y radiación solar. Estos factores inciden de alguna manera sobre el comportamiento estructural de la obra a proyectar, por lo que su análisis, tiene mucho que ver con los parámetros de diseño que el proyectista adopte.

Podemos concluir que los estudios hidrológicos persiguen los siguientes propósitos:

- a. Determinar la avenida máxima que pueda ocurrir en la zona de estudio, con una frecuencia probable.
- b. Determinar la cantidad, frecuencia y naturaleza de las descargas de agua, que ocurra en la zona de estudio.

PRECIPITACIÓN REGISTRADA EN LA ZONA

Las precipitaciones son registradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).



Las estaciones pluviométricas a ser analizadas se ubican en la cuenca del río Chotoque.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PRECIPITACIÓN

A. INTENSIDAD

Viene a ser la precipitación referida a una hora para cada intervalo de tiempo. Este valor se mide en milímetros por hora (mm/h) o en centímetros por hora (cm/h).

$$I_{\text{máx.}} = P/T$$

Dónde:

P : Precipitación en altura de agua, mm.

T : Lapso de tiempo considerado; horas

$I_{\text{máx.}}$: Intensidad máxima; mm/hora

Realmente la intensidad de diseño para una determinada frecuencia (período de retorno), debe ser deducida de los registros de un pluviógrafo y de las curvas de INTENSIDAD - FRECUENCIA - PERÍODO DURACIÓN; pero a falta de esta información se ha recurrido a la aplicación del Método de Gumbel, mediante métodos probabilísticos que dan una aproximación deseable.

Para este método es necesario contar con precipitaciones máximas diarias, dato obtenido de SENAMHI. Con estos datos y el procedimiento que se explica, se obtiene probabilísticamente una intensidad de diseño.

Conjuntamente con otros parámetros este valor interviene en la aplicación de la Fórmula Racional para el cálculo del caudal de escurrimiento para el diseño de Obras Hidráulicas.



B. PERÍODO DE DURACIÓN

Es otra de las características importantes de la precipitación registrada en un pluviógrafo. El período de duración es un determinado período de tiempo, tomado en minutos, horas, dentro del total que dura la tormenta.

A falta de estudios pluviográficos en la zona de estudio, no se puede determinar el intervalo de tiempo o período de duración para una intensidad máxima. Es necesario mencionar que a mayor período de duración menor es la intensidad.

C. FRECUENCIA

Es el número de veces que se repite una tormenta de características de intensidad y duración dadas, dentro de un período de tiempo, generalmente en años. Frecuencia o Probabilidad de Excedencia, su inversa es el Período de Retorno.

El Período de Retorno es aquel para el cual la estructura soportará, dentro de los límites de seguridad, los efectos para los cuales se diseña. Existen diversas fórmulas para determinar frecuencias; se presentan algunas:

California (1923) : m/N

Hazen (1930) : $(2m-1)/2N$

Weibull (1939) : $m/(N+1)$

Dónde:

N: Total de valores de la muestra

m: Número de orden de los valores, ordenados de mayor a menor.



**PARA EL PRESENTE PROYECTO SE HA USADO LA FÓRMULA DE
WEIBULL POR TENER MEJOR ACEPTACIÓN.**

El tiempo de concentración de las partículas de agua, hasta el cauce de una cuenca, se determina mediante la fórmula siguiente:

$$T = 0.3 (L/J^{1/4})^{3/4}$$

Dónde:

T = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud del cauce principal en km.

J = Pendiente media

Cuando se disponga de información directa sobre niveles o cualidades de la avenida, se recomienda comparar los resultados obtenidos del análisis con esta información directa.

**EL CAUDAL DE DISEÑO QUE APORTA UNA CUENCA PEQUEÑA SE OBTENDRÁ
MEDIANTE LA FÓRMULA RACIONAL**

$$Q = C I A / 3.6$$

Dónde:

Q =Caudal m³/seg (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

I =Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un PERÍODO de retorno dado, en mm/h.

A = Área de la cuenca en km²

C = Coeficiente de escorrentía.

Para el pronóstico de los caudales, el procedimiento racional requiere contar con la familia de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas.



Ordinariamente sólo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la siguiente tabla se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

COEFICIENTE DE DURACIÓN LLUVIAS ENTRE 48 HORAS Y UNA HORA

Duración de la precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual de Carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



INFORMACIÓN METEREOLÓGICA DE LA ESTACIÓN OLMOS

Estación : Olmos **Latitud** : 04° 24' 41" S **Departamento** : Lambayeque
N° : 334 **Longitud** : 80° 31' 43" O **Provincia** : Lambayeque
Categoría : CO **Altitud** : 175.00 msnm **Distrito** : Olmos
Parámetro : Precipitación Máxima en 24 h (mm)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MAX. ANUAL
1986	6.20	0.00	5.10	3.50	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.20	6.20
1987	3.40	7.90	19.30	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.20	0.00	19.30
1988	3.80	8.00	0.60	0.90	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.40	0.60	8.00
1989	4.50	4.50	9.50	4.60	3.20	0.00	0.00	0.00	1.40	2.00	0.00	0.00	9.50
1990	0.00	1.10	1.20	2.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	8.50	1.20	8.50
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	5.00	5.00
1992	5.40	0.50	14.00	12.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	14.00
1993	1.00	3.20	19.80	10.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	19.80
1994	1.80	4.20	39.50	2.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	1.80	39.50
1995	6.70	11.50	0.80	0.00	4.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	3.00	11.50
1996	0.00	2.10	5.50	4.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	5.50
1997	0.00	1.20	2.60	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	9.00	29.50	29.50
1998	83.20	151.60	142.00	32.00	8.20	0.80	0.00	0.00	3.70	0.50	0.50	1.80	151.60
1999	0.00	45.30	5.90	11.20	8.20	7.20	0.00	0.00	7.00	3.50	2.20	4.90	45.30
2000	2.90	9.80	55.20	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	55.20
2001	9.30	18.60	88.60	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	0.20	88.60
2002	0.00	38.50	61.70	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.70	0.00	61.70
2003	7.20	25.60	0.00	3.70	0.70	0.50	0.00	0.00	0.00	0.30	0.60	3.20	25.60
2004	0.30	0.30	24.90	6.00	0.00	0.00	1.80	0.00	0.70	2.20	0.00	1.80	24.90
2005	1.00	5.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.50	0.00	3.60	18.50
2006	0.00	2.00	19.20	1.90	0.70	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.50	2.80	19.20
PROMEDIO	6.51	16.23	25.42	9.22	1.69	0.55	0.09	0.01	0.83	0.66	1.75	3.37	31.76
MÁXIMO	83.20	151.60	142.00	37.00	8.20	7.20	1.80	0.20	7.00	3.50	9.00	29.50	151.60
MÍNIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00

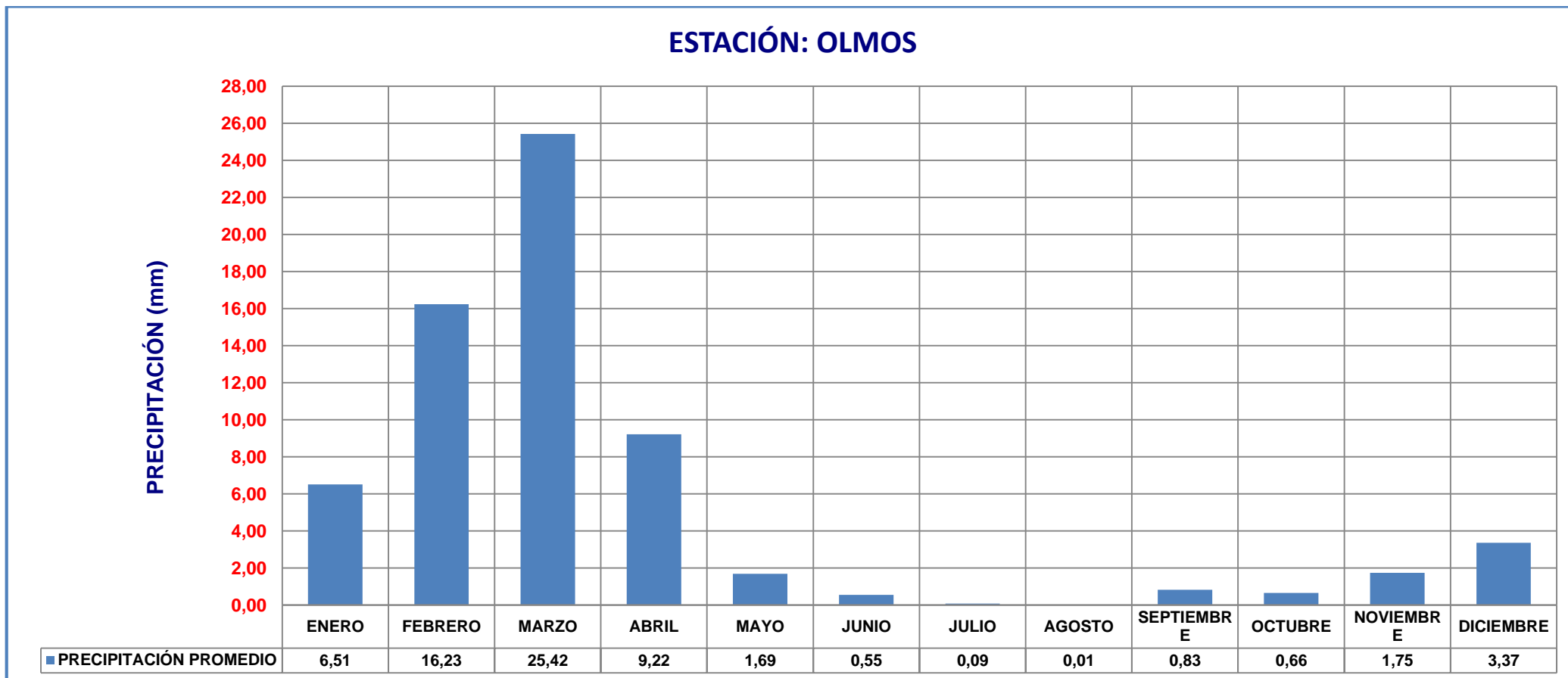


Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS ANUALES DE LOS AÑOS 1995 – 2015 – ESTACIÓN OLMOS





DETERMINACION DE PARAMETROS ESTADISTICOS

Nº de orden (m)	Precip. (mm) (X)	$\left(\frac{X}{\bar{X}} - 1\right)^3$	$Y = \log(X)$	$\left(\frac{Y}{\bar{Y}} - 1\right)^3$
1	151.60	53.741798	2.180699	0.288944
2	88.60	5.734604	1.947434	0.112973
3	61.70	0.838215	1.790285	0.048116
4	55.20	0.402260	1.741939	0.034930
5	45.30	0.077554	1.656098	0.017882
6	39.50	0.014494	1.596597	0.010103
7	29.50	-0.000359	1.469822	0.001711
8	25.60	-0.007288	1.408240	0.000384
9	24.90	-0.010067	1.396199	0.000256
10	19.80	-0.053377	1.296665	-0.000002
11	19.30	-0.060357	1.285557	-0.000009
12	19.20	-0.061823	1.283301	-0.000011
13	18.50	-0.072749	1.267172	-0.000042
14	14.00	-0.174822	1.146128	-0.002046
15	11.50	-0.259544	1.060698	-0.007082
16	9.50	-0.344258	0.977724	-0.016628
17	8.50	-0.392776	0.929419	-0.024906
18	8.00	-0.418657	0.903090	-0.030397
19	6.20	-0.521210	0.792392	-0.062293
20	5.50	-0.565221	0.740363	-0.082906
21	5.00	-0.598129	0.698970	-0.102223
Σ	666.90	57.268289	27.568792	0.186754

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = 31.76$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{N} = 1.31$$



Desviación estándar:

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} = 34.92$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{N - 1}} = 0.41$$

Coeficiente de variación:

$$CV_X = \frac{\sigma_X}{\bar{X}} = 1.10$$

$$CV_Y = \frac{\sigma_Y}{\bar{Y}} = 0.31$$

Coeficiente de sesgo:

$$CS_X = \frac{N \sum \left(\frac{X}{\bar{X}} - 1 \right)^3}{(N - 1)(N - 2)CV_X} = 2.877$$

$$CS_Y = \frac{N \sum \left(\frac{Y}{\bar{Y}} - 1 \right)^3}{(N - 1)(N - 2)CV_Y} = 0.033$$



MÉTODO DE GUMBEL TIPO I

Este método tiene la siguiente función

$$f(x) = e^{-a-y}$$

El método de Gumbel Tipo I se puede resolver mediante el método de la variable reducida, de los mínimos cuadrados y de los momentos. En este caso se usara el método de la variable reducida.

Donde a y X_0 se obtienen según sea:

Para muestras infinitamente grandes:

$$x_0 = x - 0.45\sigma_x$$

$$a = \frac{1.282555}{\sigma_x}$$

Para muestras limitadas:

$$\bar{X}_0 = \bar{X} + \frac{\bar{Y}_N}{\sigma_N}(\sigma_x) \quad \text{Moda}$$

$$a = \frac{\sigma_N}{\sigma_x} \quad \text{Parámetro de dispersión}$$

Como $y = a(x - x_0)$ y remplazando los valores de X_0 y a se obtiene:

$$x = \bar{X} + \frac{\bar{\sigma}_x}{\sigma_N}(y - \bar{Y} \cdot N)$$



**RELACION ENTRE PRECIPITACION MAXIMA VERDADERA Y LA PRECIPITACION EN
INTERVALOS**

NUMERO DE LECTURA/DIA	FACTOR
1	1.13
2	1.04
3 – 4	1.03
5 – 8	1.02
9 - 24	1.01

MEDIDAS ESPERADAS Y DESVIACION STANDARS DE EXTREMOS REDUCIDOS

Nº	YN	n	Nº	YN	n
1	0.3665	0.0000	16	0.5157	1.0316
2	0.4043	0.4984	17	0.5181	1.0411
3	0.4286	0.6435	18	0.5202	1.0493
4	0.4458	0.7315	19	0.5220	1.0566
5	0.4588	0.7928	20	0.5236	1.0628
6	0.4690	0.8388	21	0.5252	1.0695
7	0.4774	0.8749	22	0.5268	1.0755
8	0.4843	0.9043	23	0.5282	1.0812
9	0.4902	0.9288	24	0.5296	1.0865
10	0.4952	0.9496	25	0.5309	1.0915
11	0.4996	0.9373	26	0.5320	1.0961
12	0.5053	0.9833	27	0.5332	1.1004
13	0.5070	0.9972	28	0.5343	1.1047
14	0.5100	1.0095	29	0.5353	1.1086
15	0.5128	1.0206	30	0.5362	1.1124



**VALORES DE $f(y) = P$ PARA LA CONSTRUCCION DEL PAPEL DE PROBABILIDADES EN
FUNCION DE LA VARIABLE REDUCIDA w GUMBEL (TIPO I)**

$f(Y)$	w	$f(Y)$	w	$f(Y)$	w
0.0006	-2.00	0.3200	-0.13	0.8700	1.97
0.0012	-1.90	0.3400	-0.08	0.8800	2.06
0.0023	-1.80	0.3600	-0.02	0.8900	2.16
0.0041	-1.70	0.3800	0.03	0.9000	2.25
0.0050	-1.67	0.4000	0.09	0.9100	2.36
0.0100	-1.53	0.4200	0.14	0.9200	2.49
0.0120	-1.50	0.4400	0.20	0.9300	2.62
0.0200	-1.36	0.4600	0.25	0.9400	2.78
0.0300	-1.25	0.4800	0.31	0.9500	2.97
0.0400	-1.17	0.5000	0.37	0.9550	3.08
0.0500	-1.10	0.5200	0.42	0.9600	3.20
0.0600	-1.03	0.5400	0.48	0.9650	3.33
0.0650	-1.00	0.5600	0.55	0.9700	3.49
0.0700	-0.98	0.5800	0.61	0.9800	3.90
0.0800	-0.93	0.6000	0.67	0.9820	4.00
0.0900	-0.88	0.6200	0.74	0.9840	4.13
0.1000	-0.83	0.6400	0.81	0.9860	4.26
0.1100	-0.79	0.6600	0.88	0.9880	4.42
0.1200	-0.75	0.6800	0.95	0.9900	4.60
0.1300	-0.71	0.7000	1.03	0.9920	4.82
0.1400	-0.68	0.7200	1.11	0.9940	5.11
0.1500	-0.64	0.7400	1.20	0.9960	5.52
0.1600	-0.61	0.7600	1.29	0.9970	5.81
0.1700	-0.57	0.7800	1.39	0.9980	6.21
0.1800	-0.54	0.8000	1.50	0.9985	6.50
0.2000	-0.48	0.8100	1.56	0.9990	6.91
0.2200	-0.41	0.8200	1.62	0.9991	7.01
0.2400	-0.36	0.8300	1.68	1.0000	
0.2600	-0.30	0.8400	1.75		
0.2800	-0.24	0.8500	1.82		
0.3000	-0.19	0.8600	1.89		

Fuente: probability tables for the analysis of extreme value data. National bureau of standard, applied math series, 22(1953)



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{X} = 31.76$$

$$\sigma_x = 34.92$$

De la tabla N° 7.12

$$n = 1.0695$$

$$Y_n = 0.5252$$

Remplazando:

$$P = 31.76 + \frac{34.92}{1.0695} (y - 0.5252)$$

$$P = 14.6118 + 32.6508y$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO DE GUMBEL TIPO I

Tr (años)	P (%) P=100- (1/Tr)x100	W=y Tabla N° 8.14	P. Max. (mm) P=14.6118+32.6508y
2	50	0.37	26.69
5	80	1.50	63.59
10	90	2.25	88.08
25	96	3.20	119.09
50	98	3.90	141.95
100	99	4.60	164.81
200	99.5	5.32	188.31
500	99.8	6.21	217.37
1000	99.9	6.91	240.23
10000	99.99	7.81	269.61



MÉTODO LOG NORMAL

Este método asume una distribución más o menos normal de los log de la variable X. tiene la siguiente fórmula:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^z e^{-z^2} dz$$

Dónde:

$$z = a \log(x - x_0) + b$$

Remplazando la variable X por la variable transformada $y = \log X$, se obtiene la función:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{\alpha}^y \frac{(y - \mu_y)^2}{2y} dy$$

Dónde:

$\mu_y - \sigma_y$ Son los parámetros de la variable transformada $y = \log x$.

Resolviendo la función donde el valor de K es:

$$k = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y}$$

El cual toma la siguiente ecuación.

$$Y = \mu_y + \sigma_y * K$$

Donde k está en función del coeficiente de sesgo transformado para diferentes Periodos de Retorno.



**VALORES DEL FACTOR DE FRECUENCIA k PARA LA DISTRIBUCION LOG NORMAL
PROBABILIDAD EN PORCENTAJE "IGUAL A" o "MAYOR QUE" LA VARIABLE DADA**

CS _y	PERÍODOS DE RETORNO								
	1.0101	1.0526	1.25	2	5	20	100		
	PROBABILIDAD MAYOR O IGUAL QUE P (x)								
	99 (-)	95 (-)	80 (-)	50 (-)	20 (+)	5 (+)	1 (+)	0.1 (+)	0.01 (+)
0.00	2.33	1.65	0.84	0.00	0.84	1.64	2.33	3.09	3.72
0.10	2.25	1.62	0.85	0.02	0.84	1.67	2.40	3.22	3.95
0.20	2.18	1.59	0.85	0.04	0.83	1.70	2.47	3.39	4.18
0.30	2.11	1.56	0.85	0.06	0.82	1.72	2.55	3.56	4.42
0.40	2.04	1.53	0.85	0.07	0.81	1.75	2.62	3.72	4.70
0.50	1.98	1.49	0.85	0.09	0.80	1.77	2.70	3.88	4.96
0.60	1.91	1.46	0.85	0.10	0.79	1.79	2.77	4.05	5.24
0.70	1.85	1.43	0.85	0.11	0.78	1.81	2.84	4.21	5.52
0.80	1.79	1.40	0.84	0.13	0.77	1.82	2.90	4.37	5.81
0.90	1.74	1.37	0.84	0.14	0.76	1.84	2.97	4.55	6.11
1.00	1.68	1.34	0.84	0.15	0.75	1.85	3.03	4.72	6.40
1.10	1.83	1.31	0.83	0.16	0.73	1.86	3.09	4.87	6.71
1.20	1.58	1.29	0.82	0.17	0.72	1.87	3.15	5.04	7.02
1.30	1.54	1.26	0.82	0.18	0.71	1.88	3.21	5.19	7.31
1.40	1.49	1.23	0.81	0.19	0.69	1.88	3.26	5.35	7.62
1.50	1.45	1.21	0.81	0.20	0.68	1.89	3.31	5.51	7.92
1.60	1.41	1.18	0.80	0.21	0.67	1.89	3.36	5.66	8.26
1.70	1.38	1.16	0.79	0.22	0.65	1.89	3.40	5.80	8.58
1.80	1.34	1.14	0.78	0.22	0.64	1.89	3.44	5.96	8.86
1.90	1.31	1.12	0.78	0.23	0.63	1.89	3.48	6.10	9.20
2.00	1.28	1.10	0.77	0.24	0.61	1.89	3.52	6.25	9.51
2.10	1.25	1.08	0.76	0.24	0.60	1.89	3.55	6.39	9.79
2.20	1.22	1.06	0.76	0.25	0.59	1.89	3.59	6.51	10.12
2.30	1.20	1.04	0.75	0.25	0.58	1.88	3.62	6.65	10.43
2.40	1.17	1.02	0.74	0.26	0.57	1.88	3.65	6.77	10.72
2.50	1.15	1.00	0.74	0.26	0.56	1.88	3.67	6.90	10.95
2.60	1.12	0.99	0.73	0.26	0.55	1.87	3.70	7.02	11.25
2.70	1.10	0.97	0.72	0.27	0.54	1.87	3.72	7.13	11.55
2.80	1.08	0.96	0.72	0.27	0.53	1.86	3.74	7.25	11.80
2.90	1.06	0.95	0.71	0.27	0.52	1.86	3.76	7.36	12.10
3.00	1.04	0.93	0.71	0.28	0.51	1.85	3.78	7.47	12.36
3.20	1.01	0.90	0.69	0.28	0.49	1.84	3.81	7.65	12.85
3.40	0.98	0.88	0.68	0.29	0.47	1.83	3.84	7.84	13.36
3.60	0.95	0.86	0.67	0.29	0.46	1.81	3.87	8.00	13.83
3.80	0.92	0.84	0.66	0.29	0.44	1.80	3.89	8.16	14.23
4.00	0.90	0.82	0.65	0.29	0.42	1.78	3.91	8.30	14.70
4.50	0.84	0.78	0.63	0.30	0.39	1.75	3.93	8.60	15.62
5.00	0.80	0.74	0.62	0.30	0.37	1.71	3.95	8.86	16.45



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{Y} = 1.31$$

$$\sigma_Y = 0.41$$

$$CS_Y = 0.033$$

Remplazando:

$$Y = \bar{Y} + \sigma_Y k$$

$$P = 1.31 + 0.41k$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO LOG NORMAL

Tr (años)	P (%) $P=100- (1/Tr) \times 100$	k (CSy) tabla Nº 8.15	P. Max. (mm) $10^{(1.31+0.41k)}$
2	50	0.01	20.61
5	80	0.84	45.12
10	90	1.37	74.42
25	96	1.68	99.72
50	98	1.81	112.75
100	99	2.30	179.06
200	99.5	2.38	193.11
500	99.8	2.43	202.44
1000	99.9	2.45	206.30
10000	99.99	2.46	208.26



MÉTODO LOG PEARSON III

Esta función de distribución de frecuencia utiliza la variable transformadora $y=\log x$

$$f(x) = Y_0 \cdot e^{cx} \left(1 - \frac{x}{a}\right)^{ca}$$

Dónde:

$$x = 10^y$$

Y_0 , a , c =son parámetros de la función "y" se determinara de acuerdo a las siguientes relaciones.

$$c = \frac{2\sigma^2}{\delta}$$

$$a = \frac{2\sigma^4}{\delta} - \frac{\delta}{2\sigma^2}$$

σ y δ es la desviación estándar y la inclinación de la serie empírica.

En este caso las variables se calculan en función de $y=\log x$

$$y_0 = \frac{c}{(ac + 1)} \cdot \frac{(ac)^{ac}}{ac} \int_{\alpha}^{-\alpha} y \cdot dx$$

El área del integral se toma generalmente igual a la unidad. La función $y=f(x)$, se resuelve integrando mediante aproximaciones y para diferentes probabilidades en donde:

$$Ag = \frac{\delta}{\sigma^3}$$

Por consiguiente u_y , tc_{uy} y Y son parámetros de serie empírica de las variable transformada $Y=\log (x)$.

Resolviendo la ecuación obtenemos la función Log Pearson III

$$Y = \mu\gamma + \sigma\gamma * K$$



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



Donde k está en función del coeficiente de sesgo transformado para diferentes Periodos de Retorno.

**VALORES DEL FACTOR DE FRECUENCIA k PARA LA DISTRIBUCION LOG NORMAL PROBABILIDAD
EN PORCENTAJE "IGUAL A" o "MAYOR QUE" LA VARIABLE DADA**

CS _y	PERÍODOS DE RETORNO										
	1.01	1.053	1.111	1.25	2	5	10	25	50	100	200
	PROBABILIDAD IGUAL O MAYOR QUE P (x)										
	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5
3.00	-0.666	-0.665	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.015	4.970
2.90	-0.690	-0.688	-0.681	-0.651	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.80	-0.714	-0.711	-0.702	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.70	-0.740	-0.736	-0.724	-0.681	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.60	-0.769	-0.762	-0.747	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.50	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.40	-0.832	-0.819	-0.795	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.033	3.800	4.584
2.30	-0.867	-0.850	-0.819	-0.739	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.20	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.10	-0.946	-0.914	-0.869	-0.765	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.00	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.208
1.90	-1.037	-0.984	-0.920	-0.788	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.80	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.70	-1.140	-1.056	-0.970	-0.808	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.60	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.50	-1.256	-1.131	-1.018	-0.825	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.40	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.716	3.271	3.828
1.30	-1.383	-1.206	-1.064	-0.838	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.20	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.10	-1.518	-1.280	-1.107	-0.848	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.00	-1.588	-1.317	-1.028	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.90	-1.660	-1.353	-1.047	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.80	-1.733	-1.388	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.70	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.60	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.090	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.123
0.50	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.40	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.060	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.30	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.20	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.10	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.00	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576



ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Valores:

$$\bar{Y} = 1.31$$

$$\sigma_Y = 0.41$$

$$CS_Y = 0.033$$

Remplazando:

$$Y = \bar{Y} + \sigma_Y k$$

$$P = 1.31 + 0.41k$$

Se obtiene:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA MÉTODO LOG PEARSON III

Tr (años)	P (%) $p=100- (1/Tr) \times 100$	k (CSy) tabla Nº 7.15	P. Max. (mm) $10^{(1.31+0.41k)}$
2	50	0.005	20.51
5	80	0.843	45.25
10	90	1.278	68.23
25	96	1.961	130.02
50	98	2.188	161.09
100	99	2.302	179.40
200	99.5	2.359	189.32
500	99.8	2.393	195.49
1000	99.9	2.404	197.53
10000	99.99	2.415	199.60



RESULTADO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS

Tr (años)	GUMBEL TIPO I	LOG NORMAL	LOG PEARSON III
2	26.69	20.61	20.51
5	63.59	45.12	45.25
10	88.08	74.42	68.23
25	119.09	99.72	130.02
50	141.95	112.75	161.09
100	164.81	179.06	179.40
200	188.31	193.11	189.32
500	217.37	202.44	195.49
1000	240.23	206.30	197.53
10000	269.61	208.26	199.60

Tr =10 años (para Cunetas y alcantarillas de alivio)

Precipitación máxima: 88.08 mm

Tr =50 años (para alcantarillas de paso y badenes)

Precipitación máxima: 161.09 mm

CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

$$T = 0.3 \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{3/4}$$

L (Km)	0.10 km	0.20 km	0.30 km	0.40 km	0.50 km	1.00 km	1.50 km
J (%)	10.000%	10.000%	10.000%	10.000%	20.000%	20.000%	33.333%
T (horas)	0.08 horas	0.14 horas	0.19 horas	0.23 horas	0.24 horas	0.41 horas	0.50 horas

Como los tiempos de concentración son menores a una hora y la intensidad de la lluvia no es constante se toma para una hora la intensidad.



COEFICIENTE DE DURACIÓN DE LLUVIAS ENTRE 48 HORAS Y UNA HORA

Precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Multiplicando la precipitación máxima para un determinado tiempo de retorno de 10 y 50, años en un tiempo de concentración de una hora obtenemos las siguientes intensidades de diseño:

Intensidad de diseño = 22.02 mm/hora (Tr = 10 años)

Intensidad de diseño = 40.27 mm/hora (Tr = 50 años)

El caudal de diseño que aporta una cuenca pequeña se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = C I A / 3.6$$

Dónde:

Q= Caudal m³/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.

A= Área de la cuenca en km².

C= Coeficiente de escorrentía.



I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un Período de retorno dado, en mm/h.

Entonces el valor de I será:

$I = 22.02$ mm/hora (para alcantarillas de alivio y cunetas)

$I = 40.27$ mm/hora (para alcantarillas de paso y badenes)

Los valores de C y A se definirán de acuerdo a cada caso.

7.5. DISEÑO DE OBRAS DE ARTE

Las soluciones adoptadas para el diseño de las obras de arte, se establecieron de acuerdo a la topografía del terreno, el estudio hidrológico, el estudio de suelos, las canteras de agregados, etc. y las consideraciones estipuladas en los términos de referencia, teniendo en cuenta la elección de una alternativa técnico – económica viable.

Las obras de arte consideradas en el presente estudio son:

- a. Alcantarillas tipo Marco.
- b. Badén de concreto

7.5.1. ALCANTARILLAS

7.5.1.1. Definición

Son Obras de Arte denominadas de drenaje transversal. Tienen por finalidad permitir que el agua pueda pasar de un lado a otro de la carretera, generalmente pasan por debajo de la superficie de rodadura por lo tanto deben ser proyectadas de manera tal que puedan resistir el peso del relleno, así como, las cargas derivadas del tráfico.



Su forma puede ser: rectangulares o circulares y deben permitir la evacuación rápida del agua que llega a ellas, estarán ubicadas en todas las quebradas, en los desagües de las cunetas y en todas las partes bajas de la carretera que se pasan con rellenos para evitar los empozamientos de agua y los consiguientes daños al terraplén.

7.5.1.2. Tipos de alcantarilla

- **Alcantarillas de Tubo**

Pueden ser de concreto simple reforzado, de metal corrugado, de barro vitrificado, de fierro fundido.

- **Alcantarillas de Cajón o de Marco**

Son de concreto reforzado y pueden ser sencillas o múltiples.

- **Alcantarilla de Bóveda**

Son de concreto simple o de mampostería. Pueden ser sencillas o múltiples.

- **Alcantarillas de Losa**

Consta de dos muros laterales de concreto ciclópeo o mampostería sobre los cuales descansa una losa de concreto reforzado.



DESCRIPCION DE OBRAS DE ARTE EXISTENTES Y PROYECTADAS

KM 0 + 000 – KM 7 + 145.31

N°	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	DESCRIPCION	CAUSAS DEL PROBLEMA	ALTERNATIVA DE SOLUCION
01	1 + 017.043	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
02	1 + 800.27	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
03	2 + 488.98	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.20 x 1.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
04	3 + 334.12	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
05	4 + 116.50	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.30 x 1.20, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
06	5 + 153.20	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.
07	6 + 043.96	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 0.60 x 0.90, proyectada.	No existe obra de arte	Construcción de la obra de arte.

ANALISIS DE LAS SECCIONES HIDRAULICAS DE LAS ALCANTARILLAS

EXISTENTES

ALCANTARILLA N°	UBICACIÓN	Qmicrocuenca (m³/s)	Qriego (m³/s)	Qdiseño (m³/s)
1	2 + 488.98	0.45	1.50	1.95
2	4 + 116.50	0.30	1.20	1.80



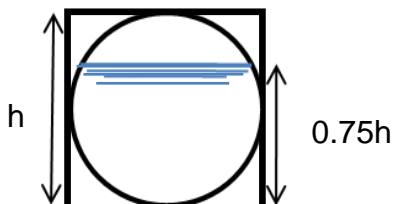
VERIFICACIÓN DE SECCIÓN HIDRAULICA DE ALCANTARILLAS 1.20 m X
1.0 m (Menor sección hidráulica vs Mayor caudal de diseño)

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_{\text{diseño}} = 1.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE EVACUACIÓN DE LA ALCANTARILLA AL 75%.

Ancho de alcantarilla	= 1.20 m
Alto de alcantarilla	= 1.00 m
Área de alcantarilla	= 1.20 m ²
Área efectiva de alcantarilla	= 0.90 m ²
P: perímetro mojado	= 2.70 m
S: pendiente de la alcantarilla	= 0.02
n : rugosidad de la alcantarilla	= 0.015



$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

$$Q_{\text{máx}} = 4.49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máx}} > Q_{\text{diseño}}$$

4.49 >	1.95	CUMPLE
--------	------	--------

Si la sección hidráulica menor cumple con el máximo caudal de diseño, las demás secciones no tendrán ningún problema.



CAPITULO VIII

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL



DEFINICIÓN

Se denominan Dispositivos para el Control del Tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo que se coloca sobre o adyacentes a las carreteras, con el objetivo de prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

NORMATIVIDAD VIGENTE

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 210-2000 MTC/15.12 del 03 de Mayo del 2000, aprobó el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización de 1966 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú.

8.1. FUNCIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Es la de controlar la operación de los vehículos en una vía proporcionando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren.

8.2. CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

- Señales Reguladoras o de Reglamentación.
- Señales Preventivas.
- Señales de Información.

8.2.1. Señales reguladoras o de reglamentación

8.2.1.1. Definición

Las señales de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y



cuyo incumplimiento constituye una violación al reglamento de la circulación vehicular.

8.2.1.2. Clasificación

Las señales de Reglamentación se dividen en:

- Señales relativas al derecho de paso.
- Señales prohibitivas o restrictivas.
- Señales de sentido de circulación.

8.2.1.3. Forma

a) Señales relativas al derecho de paso:

- Señal de "PARE" (R-1) de forma octogonal.
- Señal de "CEDA EL PASO" (R-2) de forma triangular (Equilátero) con el vértice en la parte inferior.

b) Señales prohibitivas o restrictivas de forma circular pudiendo llevar aparte una placa adicional rectangular con la leyenda explicativa del mensaje que encierra la simbología utilizada.

c) Señales de sentido de circulación de forma rectangular y con su mayor dimensión horizontal (R-14).

8.2.1.4. Colores

a) Señales relativas al derecho de paso:

- Señal PARE (R-1) de color rojo, letras y marco blanco.
- Señal CEDA EL PASO (R-2) de color blanco con franja perimetral roja.

b) Señales prohibitivas o restrictivas, de color blanco con símbolo y marco negro; el círculo de color rojo, así como la franja oblicua trazada del cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho que representa prohibición.



- c) Señales de sentido de circulación, de color negro con flecha blanca. En caso de utilizarse la leyenda llevará letras negras. Las tonalidades corresponderán a lo prescrito en el manual.

8.2.1.5. Dimensiones

- Señal de PARE (R-1): octágono de 0,75m x 0,75m
- Señal de CEDA EL PASO (R-2): triángulo equilátero de lado 0,90m
- Señales prohibitivas: círculo de diámetro 0,60m, cuadrado de 0,60m de lado, placa adicional de 0,60m x 0,40m.

Las dimensiones de los símbolos estarán de acuerdo al diseño de cada una de las señales de reglamentación mostradas en el manual en mención.

La prohibición se indicará con la diagonal que forma 45° con la vertical y su ancho será igual al ancho del círculo.

8.2.1.6. Ubicación

Deberán colocarse a la derecha en el sentido del tránsito, en ángulo recto con el eje del camino, en el lugar donde exista la prohibición o restricción.

8.2.1.7. Relación de Señales Restrictivas o de Reglamento

Se muestran algunas señales que serán empleadas en el proyecto.

– (R-1) Señal de pare

Se usará exclusivamente para indicar a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo.

Se colocará donde los vehículos deban detenerse a una distancia del borde más cercano de la vía interceptada no menor de 2m; generalmente se complementa esta señal con las marcas



en el pavimento correspondiente a la línea de parada, cruce de peatones.

– **(R-2) Señal de ceda el paso**

Se usara para indicar al conductor que ingresa a una vía preferencial, ceder el paso a los vehículos que circulan por dicha vía se usa para los casos de convergencia de los sentidos de circulación no así para los de cruce.

De forma triangular con su vértice hacia debajo de color blanco con marco rojo.

Deberá colocarse en el punto inmediatamente próximo, donde el conductor deba disminuir o detener su marcha para ceder el paso a los vehículos que circulan por la vía a la que está ingresando.

– **(R-12) Señal prohibido cambiar de carril**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utiliza para indicar al conductor que no debe cambiar de carril por donde circula y se colocará al comienzo de la zona de prohibición.

– **(R-15) Señal mantenga su derecha**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se empleará esta señal para indicar la posición que debe ocupar el vehículo en ciertos tramos de la vía, en que por existir determinadas condiciones se requiere que los vehículos transiten manteniendo rigurosamente su derecha. Se usará también en las zonas donde exista la tendencia del conductor a no conservar su derecha.

– **(R-16) Señal de prohibido adelantar**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para indicar al conductor la prohibición de



adelantar a otro vehículo, motivado generalmente por limitación de visibilidad. Se colocará al comienzo de las zonas de limitación.

– **(R-30) Señal de velocidad máxima**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar la velocidad máxima permitida a la cual podrán circular los vehículos. Se emplea generalmente para recordar al usuario del valor de la velocidad reglamentaria y cuando, por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a determinadas zonas (urbana, colegios), debe restringirse la velocidad.

– **(R-32) Señal peso máximo**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para informar al usuario el peso máximo permitido por vehículo expresado en toneladas métricas. Se colocara en los tramos de la vía donde sea necesario conocer el peso total máximo que puede soportar la infraestructura de la vía. En el círculo se indicará el valor correspondiente.

– **(R-36) Señal ancho máximo permitido**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar el ancho máximo permitido a los vehículos en circulación. Se colocará en aquellos tramos de las vías que por sus características geométricas no permiten la circulación de vehículos con ancho mayor al indicado.

8.2.2. Señales Preventivas

8.2.2.1. Definición

Las señales preventivas son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes



a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias.

8.2.2.2. Forma

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales escolares que serán de forma pentagonal; las señales especiales de "ZONA DE NO ADELANTAR" que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva "CHEVRON", que serán de forma rectangular y las de "PASO A NIVEL DE LÍNEA FÉRREA" (Cruz de San Andrés) que será de diseño especial.

8.2.2.3. Color

- Fondo y borde: Amarillo caminero
- Símbolos, letras y marco: Negro

8.2.2.4. Dimensiones

Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a lo siguiente:

- Carreteras, avenidas y calles: 0,60m x 0,60m
- Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0,75m x 0,75m

En casos excepcionales y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizará señales de 0,90m x 0,90m.

8.2.2.5. Ubicación

Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.



Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación.

En general las distancias recomendadas son:

- En zona urbana 60 m - 75 m
- En zona rural 90 m - 180 m
- En autopista 300 m - 500 m

8.2.2.6. Relación de Señales Preventivas

Se mencionan las que se serán aplicadas en este proyecto:

- **(P-1 A) Señal curva pronunciada a la derecha**
- **(P-1B) A la izquierda**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

- **(P-2A) Señal curva a la derecha, (p-2b) a la izquierda**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio de 40 m a 300 m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300 m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

- **(P-3A) Señal curva y contra curva pronunciadas a la derecha, (p-3b) a la izquierda**

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60 m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (P-I).

- **(P-4A) Señal de curva y contra curva a la derecha, (p-4b) a la izquierda**



Se empleará para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 m y superiores a 80 m, separados por una tangente menor de 60m.

– **(P-5A) Señal camino sinuoso a la derecha (p-5b) a la izquierda**

Se empleará para indicar una sucesión de tres o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva. Por lo general, se deberá utilizar la señal (R-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.

– **Señales de cruce**

Las señales de "Cruce" se utilizan para advertir a los conductores de la proximidad de un cruce, empalme o bifurcación; dichas señales se utilizarán en carreteras, en zonas rurales y, en casos excepcionales, en la zona urbana.

Los símbolos indican claramente las características geométricas de la intersección, empalme o bifurcación, utilizándose un trazo más grueso para indicar la vía preferencial.

Estas señales deberán ser utilizadas en todas las vías interceptantes o concurrentes con el fin de advertir a los conductores que transitan por ellas, de las condiciones del cruce, empalme o bifurcación a encontrar.

– **(P-8) Señal bifurcación en "y"**

Se utilizarán para indicar la proximidad de una bifurcación en "Y".

– **(P-14A) Señal de intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria derecha**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.



– **(P-14B) Intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria izquierda**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.

– **(P-48) Señal cruce de peatones**

Se utilizará para advertir la proximidad de cruces peatonales. Los cruces peatonales se delimitarán mediante marcas en el pavimento.

– **(P-49) Zona escolar**

Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.

– **(P-51) Señal paso de maquinaria agrícola**

Esta señal se utilizará para advertir la proximidad, en una carretera, de una zona de cruce o tránsito eventual de este tipo de vehículos.

– **(P-53) Señal cuidado animales en la vía**

Se utilizará para advertir la proximidad de zonas donde el conductor pueda encontrar animales en la vía.

– **(P-56) Señal zona urbana**

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones.



Se colocará a una distancia de 200 m a 300 m antes del comienzo del centro poblado, debiéndose complementar con la señal R-30 de la Velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.

– **(P-59) Aproximación a señal ceda el paso**

Se utilizará ante la proximidad de una señal Ceda el Paso, la cual no es visible a la distancia suficiente para permitir al conductor detener su vehículo en la señal apropiada.

– **(P-61) Señal chevron**

Se utilizará como auxiliar en la delineación de curvas pronunciadas, colocándose solas o detrás de las guardavías.

8.2.3. Señales de Información

8.2.3.1. Definición

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude a emplearla en el uso de la vía.

8.2.3.2. Clasificación

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

A. Señales de Dirección

- Señales de destino
- Señales de destino con indicación de distancia
- Señales de indicación de distancia



B. Señales Indicadoras de Ruta

C. Señales de Información General

- Señales de información
- Señales de servicios auxiliares

Las Señales de Dirección tienen por objeto guiar a los conductores hacia su destino o puntos intermedios.

Los Indicadores de Ruta, sirven para mostrar el número de ruta de las carreteras, facilitando a los conductores la identificación de ellas durante su itinerario de viaje.

Las Señales de Información General, se utilizan para indicar al usuario la ubicación de lugares interés general así como los principales servicios públicos conexos con las carreteras (Servicios Auxiliares).

8.2.3.3. Forma

La forma de las señales informativas será la siguiente:

- Las Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.
- Las Señales Indicadores de Ruta serán de forma especial, tal como lo indica el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras.
- Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical, se utilizarán placas de dimensiones mínimas de 0,60 x 0,45 m. en el área urbana y de 0,90 x 0,60 m en el área rural.

8.2.3.4. Colores

- Señales de Dirección. En las autopistas y carreteras importantes, en el área rural, el fondo será de color verde, con letras, flechas y marco blanco. En las carreteras secundarias, la señal tendrá fondo blanco con letras y flechas negras. En las autopistas y



avenidas importantes en el área urbana, el fondo será de color azul con letras, flechas y marco blanco, esto con el objeto de diferenciar las carreteras del área urbana.

- Señales Indicadores de Ruta.- Similar a las Señales de Dirección.
- Señales de Información General: Similar a las señales de Dirección a excepción de las señales de Servicios Auxiliares.
- Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de Primeros Auxilios Médicos llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

8.2.3.5. Dimensiones

- Señales de Dirección y Señales de Dirección con Indicación de Distancia: El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad.
- Señales Indicadoras de Ruta: De dimensiones especiales de acuerdo al diseño mostrado en el manual mencionado anteriormente.
- Señales de Información General: Serán de 0,80 x 1,20 m en autopista y carreteras principales, en las demás serán de 0,60 x 0,90 m. En lo concerniente a las Señales de Servicios Auxiliares, ellas serán de 0,60 x 0,45 m, en el área urbana y 0,90 x 0,60 m, en área rural.

8.2.3.6. Normas de diseño

En lo concerniente a las señales de Dirección e Información General se seguirán las siguientes normas de diseño:

- El borde y el marco de la señal tendrá un ancho mínimo de 1 cm y máximo de 2 cm.



- Las esquinas de las placas de las señales se redondearán con un radio de curvatura de 2 cm como mínimo y 6 cm como máximo, de acuerdo al tamaño de la señal.
- La distancia de la línea interior del marco a los límites superior e inferior de los renglones inmediatos será de $1/2$ a $3/4$ de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre renglones será de $1/2$ a $3/4$ de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia de la línea interior del marco a la primera o la última letra del renglón más largo variará entre $1/2$ a 1 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre palabras variará entre 0,5 a 1,0 de la altura de las letras mayúsculas.
- Cuando haya flechas, la distancia mínima entre palabra y flecha será igual a la altura de las letras mayúsculas.
- Cuando haya flecha y escudo, la distancia entre la flecha y el escudo será de $1/2$ la altura de las letras mayúsculas.
- Las letras a utilizarse sean mayúsculas o minúsculas serán diseñadas de acuerdo al alfabeto modelo que se muestran el manual de Normas de Tránsito (anexo), asimismo las distancias entre letras deberán cumplir con lo indicado en el mencionado alfabeto modelo.
- El diseño de la flecha será el mismo para las tres posiciones: vertical, horizontal y diagonal. Su longitud será 1,5 veces la altura de la letra mayúscula, la distancia de la línea interior del marco a la flecha será de 0,5 -1,0 veces la altura de las letras mayúsculas.
- El orden en que se colocarán los puntos de destino será el siguiente: primero el de dirección recta; segundo el de dirección izquierda y el tercero en dirección derecha.
- Cuando la señal tenga dos renglones con flecha vertical, se podrá usar una flecha para las dos regiones, con una altura equivalente a la suma de las alturas de la letra más el espacio de los renglones.



- Para dos renglones con flechas en posición diagonal se podrá usar una sola flecha de longitud equivalente a la suma de las alturas de las letras más el espacio entre renglones ya aumentada en una cuarta parte de la suma anterior.
- Las señales informativas de dirección deben limitarse a tres renglones de leyendas; en el caso de señales elevadas sólo dos.
- En las autopistas, la altura de las letras será como mínimo de 0,30 m, si son mayúsculas y de 0,20 m, si son minúsculas. En las avenidas y demás carreteras la altura de la letra será como mínimo, 0,15 m, las mayúsculas y 0,10 m, las minúsculas.

8.2.3.7. Ubicación

Las señales de Información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de la autopista, carretera, avenida o calle, dependiendo asimismo, de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado izquierdo de la carretera. Los requerimientos operacionales en las carreteras o avenidas hacen necesaria la instalación de señales elevadas en diversas localizaciones. Los factores que justifican a colocación de señales elevadas son los siguientes:

- Alto volumen de tránsito.
- Diseño de intercambios viales.
- Tres o más carriles en cada dirección.
- Restringida visión de distancia.
- Desvíos muy cercanos.
- Salidas Multicarril.
- Alto porcentaje de camiones.
- Alta iluminación en el medio ambiente.
- Tránsito de alta velocidad.



- Consistencia en los mensajes de las señales durante una serie de intercambios.
- Insuficiente espacio para colocar señales laterales.

8.2.3.8. Relación de Señales Informativas

A continuación se presenta la relación de las señales informativas consideradas como más importantes.

Indicadores de Ruta:

Las señales indicadores de ruta de acuerdo a la clasificación vial son:

- Indicador de Carretera del Sistema Interamericano.
- Indicador de Ruta Carretera Sistema Nacional.
- Indicador de Ruta Carreteras Departamentales.
- Indicador de Ruta Carreteras Vecinales.

Las señales indicadores de ruta se complementan con señales auxiliares que indican dirección de las rutas así como la intersección con otra u otras rutas; dichas señales auxiliares pueden ser de advertencia o de posición:

- (1-4) Indicador de ruta carreteras vecinales

Para utilizarse en los caminos vecinales será de forma cuadrada de 0,40m x 0,40m, de color negro dentro del cual se inscribirá un círculo de color blanco de 0,35m de diámetro con números negros correspondientes al número de ruta de la carretera que se está recorriendo.

- (1-5) Señales de destino

Se utilizaran antes de una intersección a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino. Sus dimensiones variarán de acuerdo al mensaje a transmitir. Llevarán, junto al nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él.



En las carreteras se ubicarán a no menos de 60m ni a más de 100m de la intersección y a continuación de las señales preventivas de intersección, así como de aquellas correspondientes a los indicadores de ruta.

– **(1-6) Señales de destino con indicación de distancias**

Se usarán en las carreteras, antes de una intersección para indicar al usuario la dirección que debe seguir para llegar a una población o puntos determinados informando a la vez la distancia a que se encuentra el destino mostrado. Los números que expresan la distancia en kilómetros que hay entre la señal y la población o lugar de destino, deberán colocarse siempre a la derecha del nombre de la población o lugar de destino.

– **(1-7) Señales con indicación de distancias**

Se utilizarán en las carreteras para indicar al usuario las distancias a las que se encuentran poblaciones o lugares de destino, a partir del punto donde está localizada la señal. Se colocará la parte superior de la señal, el nombre y la distancia respectiva de la población inmediata próxima a la señal y en la parte inferior, el nombre y distancia de la población en que la mayoría del tránsito está dirigido, no debiendo colocarse más de cuatro líneas. Se ubicarán a las salidas de las poblaciones a una distancia no mayor de un kilómetro y, en áreas rurales, a intervalos no mayores de 30 Km.

– **(1-8) Poste de kilometraje**

Se utilizarán para indicar la distancia al punto de origen de la vía para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva, elaborada por la Dirección General de Caminos.

Los postes de kilometraje serán colocados a intervalos de 5 Km. A la derecha y en el sentido del tránsito que circula, desde el origen de la carretera hacia el término de ella.



En algunas carreteras, la Dirección General de Caminos podrá considerar innecesaria la colocación de postes de kilometraje.

Especificaciones:

- Concreto: 140 Kg/cm².
- Armadura: 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre N° 8 a @0.20m. Longitud de 1,20 m.
- Inscripción: En bajo relieve de 12 mm de profundidad.
- Pintura: Los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.
- Cimentación: 0,50 x 0,50 de concreto ciclópeo.

– Señales de localización

Servirán para indicar poblaciones o lugares de interés tales como: ríos, poblaciones, etc. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal. La mínima dimensión correspondiente al rectángulo de la señal será 0,50 m.

A continuación se presentan modelos de estas señales:

I - 18

CP. INSCULAS

CP. EL FAIQUE

Fig. Señales de localización



– Señales de servicios auxiliares

Son utilizadas para informar al usuario sobre los diferentes servicios con que cuentan las autopistas y carreteras dentro del derecho de uso de la vía.

Serán rectangulares con su mayor dimensión vertical y las dimensiones mínimas serán 0,60 m x 0,45m.

Serán de color azul, su símbolo negro sobre cuadrado blanco y con leyenda de la distancia y la flecha direccional en la parte interior (si la hubiere) de color blanco.

– Señal “Primeros Auxilios” (1-28)

Tendrá el símbolo representado por una cruz de color rojo. Las señales de Servicios Auxiliares deberán colocarse en un punto tal que asegure su mayor eficacia tanto en el día como en la noche, a fin de que el mensaje pueda ser captado con oportunidad.

8.3. MARCAS EN EL PAVIMENTO

Generalidades

Las marcas en el pavimento o en los obstáculos son utilizadas con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad de su operación. Sirven, en algunos casos, como complemento a las señales y semáforos en el control del tránsito, en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

A. Uniformidad

Las marcas en el pavimento deberán ser uniformes en su diseño, posición y aplicación; ellos es imprescindible a fin de que el conductor pueda reconocerlas e interpretarlas rápidamente.



B. Clasificación

Teniendo en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en:

a. Marcas en el Pavimento

- Línea central
- Línea de carril
- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo
- Línea de borde de pavimento
- Líneas canalizadoras del tránsito
- Marcas de aproximación de obstáculos
- Demarcación de entradas y salida de autopistas
- Líneas de parada
- Marcas de paso peatonal
- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea
- Estacionamiento de vehículos
- Letras y símbolos
- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación.
- Marcas en los sardineles de prohibición de estacionamiento en la vía pública

b. Marcas en los Obstáculos

- Obstáculos en la vía
- Obstáculos fuera de la vía

c. Demarcadores Reflectores

- Demarcadores de peligro
- Delineadores



C. Demarcadores

El material usado para demarcar los pavimentos, bordes de calles o carreteras y objetos, es la pintura de tráfico TTP-115-E-III, sin embargo pinturas de tráfico de igual o mejor calidad otros materiales tales como termoplásticos, concreto coloreado, cintas adhesivas para pavimento o elementos marcadores individuales de pavimento "RPM o Tachas", podrán ser utilizados previa conformidad de la autoridad competente.

La demarcación con pintura puede hacerse en forma manual o con máquina, siendo la más recomendable la efectuada a máquina en razón que debido a la presión de la pintura ésta penetra en los poros del pavimento, dándole más duración.

Los marcadores individuales de pavimento URPM o tachas son elementos plásticos, metálicos sobre cerámicos, con partes reflectantes con un espesor no mayor a dos centímetros, pudiendo ser colocados continuamente o separados.

Los marcadores o tachas serán utilizados como guía de posición, como complemento de las otras marcas en el pavimento o en algunos casos como sustitutos de otros tipos de marcadores.

El color de los marcadores estará de acuerdo al color de las otras marcas en el pavimento y que sirven como guías.

Estos marcadores son muy útiles en curvas, zonas de neblina, túneles, puentes y en muchos lugares en que se requiera alta visibilidad, tanto de día como de noche.

Los colores básicos son el blanco, amarillo, rojo y azul. El blanco y el amarillo son utilizados solos o en combinación con las líneas pintadas en el pavimento, consolidando el mismo significado. Los marcadores rojos son utilizados para indicar peligro o contra el sentido del tránsito.

Los marcadores de color azul son utilizados para indicar la ubicación de los hidrantes contra incendio.



Estos marcadores tienen elementos reflectantes incorporados a ellos y se dividen en mono direccionales, es decir, en una sola dirección del tránsito y bidireccionales, es decir, en doble sentido del tránsito.

Los marcadores individuales mayores a 5,7 cm se usarán sólo para formar sardineles o islas canalizadoras del tránsito.

D. Colores

Los colores de pintura de tráfico a utilizarse será blanco y amarillo, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas anteriormente.

- Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.
- Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

E. Tipos y anchos de las líneas longitudinales

Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son:

- Líneas segmentadas y discontinuas, sirven para demarcar los carriles de circulación de tránsito automotor.
- Líneas continuas, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.
- El ancho normal de las líneas es de 0,10 a 0,15 m para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.

Para las líneas de borde del pavimento tendrá un ancho de 0,10 m.



F. ReflectORIZación

En el caso de la pintura de tráfico TTP-115-E-III y con el fin de que sean visibles las marcas en el pavimento de la noche, ésta deberá llevar microesferas de vidrio integradas a la pintura o esparcidas en ella durante el momento de aplicación.

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas:

- Pistas de aeropuertos: 4,5 kgs/Gal
- Carreteras y autopistas: 3,5 kgs/Gal
- Vías urbanas: 2,5 kgs/Gal

G. Mantenimiento

Las marcas en el pavimento y en obstáculos adyacentes a la vía deberán mantenerse en buena condición.

La frecuencia para el repintado de las marcas en el pavimento dependen del tipo de superficie de rodadura, composición y cantidad de pintura aplicada, clima y volumen vehicular.

8.3.1. Marcas en pavimento y bordes de pavimento:

A. Línea central

Se utilizan para demarcar el centro de la calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambas direcciones. Se utilizará una línea discontinua, cuyos segmentos serán de 4,50 m de longitud, espaciados 7,50 m en carreteras; en la ciudad será de 3 y 5 metros respectivamente.

En lo relacionado al color a utilizarse corresponderá a lo indicado anteriormente.

En el caso de una calzada de cuatro o más carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos y sin separador central, se usará como línea central, la doble línea continua de 0,10 m de ancho espaciadas en 0,10 m y de color amarillo.



La doble línea amarilla demarcadora del eje de la calzada, significa el establecer una barrera imaginaria que separa las corrientes de tránsito de ambos sentidos; el eje de la calzada coincidirá con el eje del espaciamiento entre las dos líneas continuas y paralelas.

Se recomienda el marcado de la línea central en todas las calzadas de 4 o más carriles de circulación que soportan tránsito en ambos sentidos sin separador central y en las carreteras pavimentadas siguientes:

De dos carriles de circulación y cuyo volumen de tránsito exceda 800 veh/día.

Carretera de dos carriles cuyo ancho de superficie de rodadura sea menor de 6,50 m. Cuando la incidencia de accidentes lo ameriten.

B. Línea de carril

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

En todas las autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación.

En lugares de congestión del tránsito en que es necesario una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos.

Las líneas de carril son discontinuas o segmentadas de ancho de 0,10 m a 0,15 m de color blanco y cuyos segmentos serán de 4,50 m de longitud espaciadas 7,50 m en el caso de carreteras; en la zona urbana será de 3 m y 5m respectivamente.

C. Zonas donde se prohíbe adelantar

El marcado de líneas que prohíben adelantar tiene por objeto el señalar aquellos tramos del camino cuya distancia de visibilidad es tal que no permite al conductor efectuar con seguridad la maniobra de alcance y pasó a otro vehículo.



El establecimiento de zonas donde se prohíbe el adelantar depende de la velocidad directriz de la carretera y de la distancia mínima de visibilidad de paso en ella.

Se utilizará una línea continua paralela a la línea central, espaciada 0,10 m hacia el lado correspondiente al sentido del tránsito que se está regulando; de ancho 0,10m y de color amarillo. Antes del inicio de la línea continua, existirá una zona de preaviso variable entre 50m ($V < 60$ km/h) y 100 m ($V > 60$ km/h), donde la línea discontinua estará constituida por segmentos de 4,5m de longitud espaciados de 1,5m. En el caso de carreteras y en la zona urbana será de 3m y 1m, respectivamente.

El comienzo de la zona donde se prohíbe adelantar corresponde al punto en que la distancia de visibilidad es menor a aquella normada como distancia mínima de visibilidad de paso; el término de la zona corresponderá al punto en que se iguale o supere la distancia mínima mencionada.

El marcado de la zona donde se prohíbe adelantar será para cada sentido de circulación debiendo complementarse dicho marcado con el uso de la señal "PROHIBIDO ADELANTAR" (R-16) y al lado del sentido de circulación se colocará la señal "NO ADELANTAR" (P-60).

D. Línea de borde de pavimento

Se utilizará para demarcar el borde del pavimento a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche y en zonas de condiciones climáticas severas. Deberá ser línea continua de 0,10 m de ancho de color blanco.

E. Aproximación a obstáculos

Las obstrucciones dentro de las carreteras son peligros potenciales de accidentes y cuando no puedan ser eliminadas, debe prevenirse al usuario de su existencia, guiándolo para no chocar contra ella. Las demarcaciones de aproximación de obstáculos deberán usarse complementariamente con las señales correspondientes, y las marcas en el



pavimento de aproximación complementarán aquellas adecuadas a la misma obstrucción.

La demarcación consistirá en una o varias líneas diagonales que se extienden desde el centro de la calzada o de la línea de carril hacia el punto de obstrucción pasando por su derecha o por ambos lados a una distancia de 0,30m -0,60m de la obstrucción. El largo de la línea diagonal deberá ser calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L = S \times W \text{ (E.1)}$$

Dónde:

L = Longitud (m)

S = Velocidad Km/h (valor 85% de los usuarios)

W = Ancho del obstáculo (m)

La longitud mínima en zona rural será de 80m, y en zona urbana de 30m. En el caso de que el tránsito circule por ambos lados del obstáculo, es conveniente adicionar líneas diagonales en el área triangular conformada.

Los delineadores son elementos verticales que se colocan en curvas horizontales y en estrechamientos de la vía con el fin de hacer resaltar el borde de la superficie de rodadura. Se utilizan por lo regular en los tramos en relleno para evitar peligros de accidente a los conductores, sobre todo en las noches y en horas de escasa visibilidad.

Los delineadores pueden, ser, según el tipo de material con que están contruidos, de dos clases: de concreto y de madera. Los de concreto pueden ser a su vez de concreto simple o de concreto armado.

a. Delineadores de Concreto Simple

Se utilizan en zonas áridas o de escasa vegetación. Tendrán una forma tronco-cónica con una base de 30 cm de diámetro, una coronación de 15 cm de diámetro y una altura mayor de 45 cm. La altura total dependerá de la profundidad de cimentación.



Se construirán en el mismo sitio de su colocación, para lo cual se excavará previamente.

Como cimentación un volumen cilíndrico de 20 cm de diámetro y de profundidad variable, de acuerdo con el terreno.

El concreto utilizado tendrá a los 28 días, una resistencia a la compresión de 100 Kg/cm², utilizándose para la fabricación encofrados metálicos o de madera del tipo desarmable.

Los delineadores se colocarán a 30 cm hacia adentro de la arista formada por el talud de relleno o de 40 cm hacia fuera del borde del extremo de la berma (se escogerá la posición más cercana a la pista) y se pintarán de color blanco, debiendo tener en su parte superior una faja pintada con material reflectorizante de color amarillo en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte del perímetro de la sección transversal.

b. Delineadores de Concreto Armado

Se utilizarán en zonas donde el crecimiento de vegetación podría dificultar la visibilidad del delineador. Tendrán la forma de un prisma triangular con una base de 15 cm por lado y una altura de 1 metro. Serán prefabricados, debiendo quedar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de colocación. La cimentación de la unidad se asegurará empotrando el delineador en su ubicación, en una profundidad de 30 cm. El concreto utilizado tendrá a los 28 días una resistencia mínima (a la compresión de 140 Kg/cm²).

El refuerzo metálico del delineador consistirá en 3 barras de 3/8 de diámetro y 0,95 m de longitud, colocadas en cada vértice de la unidad.

El amarre de este refuerzo consistirá en 3 estribos formados por barras del mismo diámetro y de 0,35 m de longitud.



La unidad terminada se pintará de color blanco, debiendo tener en su parte superior y en las dos caras que miran hacia la carretera, una faja pintada con material reflectorizante color amarillo en un ancho de 15 cm.

La colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo con lo indicado al tratar de delineadores de concreto simple.

c. Delineadores de Madera

Se utilizarán en carreteras menos importantes y en zonas donde su uso resulta económico. Tendrán forma cilíndrica con una base de 15 cm de diámetro y una altura de 1 metro. La madera que se utilice será de buena calidad, seca, sana y descortezada. Se construirán en planta, debiendo estar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de colocación. La cimentación de la unidad se asegurará empotrando el delineador en su ubicación en una longitud de 30 cm. La longitud enterrada se preservará mediante un recubrimiento asfáltico similar.

La colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo con lo indicado al tratar de delineadores de concreto simple. La unidad terminada se pintará de blanco, debiendo tener en su parte superior una faja pintada con material reflectorizante de color amarillo en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte de la sección transversa.

8.3.2. Espaciamiento de delineadores

El espaciamiento de los delineadores será determinado por el Ingeniero Residente, de acuerdo con las características de la curva horizontal o del estrechamiento del camino, pero por lo regular varía entre 5 y 20 metros. En las tablas siguientes se muestran espaciamientos recomendados en función del radio de la curva horizontal.



ESPACIAMIENTO DE LOS DELINEADORES

RADIO DE LA CURVA HORIZONTAL (m)	ESPACIAMIENTO (m)
30	4.00
40	5.00
50	6.00
60	7.00
70	8.00
80	9.00
100	10.00
150	12.50
200	15.00
250	17.00
300	18.50
400	20.00
450	21.50
500	23.00
>500	24.00

ESPACIAMIENTO DE CHEVRONES

RADIO DE LA CURVATURA HORIZONTAL (m)	ESPACIAMIENTO EN CURVA (m)
15	5
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27



CAPITULO IX

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL



9.1. FACTORES Y ACCIONES AMBIENTALES

9.1.1. Generalidades

La evaluación de impacto ambiental nos permite tener información para establecer el Plan de Manejo Ambiental.

Se evalúan las acciones que más afectación generara en los factores ambientales en cada progresiva de la carretera "CP. Insculas – CP. El Faique"

9.1.2. Factores Ambientales

9.1.2.1 Medio Físico

- Agua

El área de estudio presenta este recurso en forma de pequeños canales de tierra, la cual es utilizada en la agricultura.

- **Calidad del agua:** Se ve afectado por el posible derrame del combustible de las maquinarias al momento de la construcción de la carretera.

- Aire

- **Material particulado:** Generado por el corte del suelo, transporte de material de cantera.
- **Gases:** Generado por la combustión de la maquinaria
- **Ruidos:** generado por la maquinaria

- Suelos

Constituido por un ancho mínimo de franja de 25 m a cada lado del eje a lo largo del recorrido de 7.145 km, haciendo un total de 35.73 Ha, De las cuales la gran mayoría son de uso agrícola.



- **Cambio de uso:** de suelo natural a carretera.
- **Contaminación directa:** generado por el posible derrame del combustible de la maquinaria.

9.1.2.2 Medio biótico

- **Flora**

La vegetación nativa que se desarrolla a lo largo del recorrido de la carretera, predominando los arbustos; se puede encontrar especies como: el sauce, Guarango, Guaba, Taya, Chirimoya y otras variedades que sirven de forraje para el ganado caprino.

Así mismo existe una gran variedad de gramíneos, algunos de ellos quizás sean de mucho valor nutritivo para la crianza de ganado vacuno.

En cuanto se refiere al uso actual y potencial de la tierra, los principales cultivos son: limón, ajíes, guaba, naranja, maíz (*Zea mays* Poaceae), frijol (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae), pastos y forrajes, entre otros.

- **Fauna**

En esta zona habita gran variedad de mamíferos, reptiles, aves e insectos, entre las que sobresalen "palomas" (*Columba fasciata*), etc.

Además existen animales domésticos como ganado vacuno, y en menor escala el caballo, ovino, porcino, aves, gallinas, patos, pavos, etc.



9.1.2.3 Medio Socioeconómico

- **Paisaje:** el retiro de la cubierta vegetal y el movimiento de tierras durante la construcción de accesos, extracción de material de cantera y utilización de depósitos de material de desechos, incrementara el riesgo de alteración del paisaje natural.
- **Salud y seguridad:** durante la construcción de la carretera se verá perturbada la accesibilidad a los servicios de salud (tiempos de traslado), esto será mejorado en la etapa de operación de la carretera.
- **Calidad de vida:** con la construcción de la carretera se mejorara el transporte, productividad, ingresos
- **Empleo:** Empleo para obreros de construcción de la Ciudad de Olmos, Centro Poblado Insculas, El Faique y caseríos aledaños.
- **Efecto barrera:** es la modificación del medio físico esto producirá a su vez un efecto negativo en el medio biótico (flora y fauna) difíciles de evaluar especialmente en la población humana que vive en zonas próximas. En esta zona de estudio el efecto barrera ya existía debido que anteriormente era un camino de trocha Carrozable.

Para corregir el efecto barrera que afectara a la fauna es imprescindible que la carretera discurra en corte durante el mayor trayecto posible, es decir evitar tener una gran diferencia de desnivel de la razante del camino con el nivel de terreno natural.



9.1.3. Acciones de impacto ambiental

- Desbroce y tala
- Corte de terreno
- Relleno de terreno
- Transporte de material de cantera
- Conformación de afirmado
- Disposición del material excedente

9.2. EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

9.2.1 Método de evaluación

Para la evaluación de los impactos se utilizara el método matricial, elaborándose las matrices de importancia y de convergencia.

9.2.1.1 Matriz de importancia

Elaborada la matriz de identificación de impactos, se accede a la matriz de importancia. En cada cuadrícula de interacción, se seleccionan los valores de los respectivos parámetros y se calcula el valor de la importancia.

El algoritmo empleado para determinar el valor de la importancia del impacto es el siguiente:

$$I = \pm (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

Dónde:

- **Intensidad (IN):** Refiere el grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.
- **Extensión (EX):** Referido al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto.



- **Momento (MO):** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto, sobre el factor del medio considerado.
- **Persistencia (PE):** Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el Factor afectado retornaría a las condiciones iniciales. (Forma natural o por correctivos).
- **Reversibilidad (RV):** Posibilidad de reconstrucción del Factor afectado por el Proyecto.
- **Sinergia (SI):** La componente total de la manifestación de los Efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que se podría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de, manera independiente no simultánea.
- **Acumulación (AC):** Da idea el incremento progresivo de la manifestación del efecto.
- **Efecto (EF):** Atributo que se refiere a la relación Causa – Efecto, es decir la forma de manifestación del Efecto sobre un Factor, como consecuencia de una Acción.
- **Periodicidad (PR):** Referido a la regularidad de la manifestación del efecto.
- **Recuperabilidad (MC):** Referido a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (Uso de medidas correctivas).



IMPORTANCIA DEL IMPACTO

NATURALEZA		INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción)	
Impacto Beneficioso	+	Baja	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(4)
Crítica	(4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI) (Regularidad de la manifestación)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) (Relación causa-efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: Conesa, (1997)



Tipo de Impacto	Color	Abreviatura	Símbolo	Rango
Positivo	Verde	+		+ 13 a + 100
Negativo Irrelevante	Celeste	I		- 13 a - 25
Negativo Moderado	Amarillo	M		-26 a - 50
Negativo Severo	Naranja	S		-51 a -75
Negativo Crítico	Rojo	C		-76 a -100

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Los impactos con valores de importancia inferior a 25 son irrelevantes o compatibles, los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50, serán severos cuando la importancia se encuentra entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75.

Ponderación de la importancia relativa de los factores: Los factores del medio presentan importancias distintas de uno respecto a otros. Considerando que cada factor representa sólo una parte del medio ambiente, es necesario llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del medio ambiente.

Con este fin se atribuye a cada factor un peso o índice ponderal, expresado en unidades de importancia, UIP, y el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de 1000 unidades asignadas al total de factores ambientales.

9.2.1.2 Matriz de convergencia

El método se analiza en detalle las diferentes actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto desde la etapa de construcción, a fin de identificar y evaluar los impactos ambientales benéficos y perjudiciales que podrían producirse sobre los componentes físicos, biológicos, socioeconómicos del ecosistema donde se emplaza el proyecto así como evidenciar los factores ambientales más significativos que pueden afectar al proyecto.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



PARAMETROS AMBIENTALES DEL METODO DE BETELLE-COLUMBUS

IMPACTOS AMBIENTALES			
Ecología (240)	Contaminación ambiental (402)	Aspectos estéticos (153)	Aspectos de interés humanos (205)
Especies y Poblaciones Terrestres (14) Pastizales y praderas (14) Cosechas (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves de caza continentales Acuáticas (14) Pesquerías comerciales (14) Vegetación natural (14) Especies dañinas (14) Aves acuáticas (14) Pesca deportiva 140	Contaminación del agua (20) Pérdidas en las cuencas hidrográficas (25) DBO (31) Oxígeno disuelto (18) Coliformes fecales (22) Carbono inorgánico (25) Nitrógeno inorgánico (28) Fosfato inorgánico (16) Plaguicidas (18) pH (28) Variaciones de flujo de la corriente (28) Temperatura (25) Sólidos disueltos totales (14) Sustancias tóxicas (20) Turbidez 318	Suelo (6) Material geológico superficial (16) Relieve y caracteres topográficos (10) Extensión y alineaciones 32 Aire (3) Olor y visibilidad (2) Sonidos 5 Agua (10) Presencia de agua (16) Interfase agua-tierra (6) Olor y materiales flotantes (10) Área de la superficie de agua (10) Márgenes arboladas y geológicas 52	Valores educacionales y científicos (13) Arqueológico (13) Ecológico (11) Geológico (11) Hidrológico 48 Valores históricos (11) Arquitectura y estilos (11) Acontecimientos (11) Personajes (11) Religiones y culturas (11) Frontera del oeste 55 Culturas (14) Indios (7) Otros grupos étnicos (7) Grupos religiosos 28 Sensaciones (11) Admiración (11) Aislamiento, soledad (4) Misterio (11) Integración con la naturaleza 37 Estilos de vida (patrones culturales) (13) Oportunidades de trabajo (13) Vivienda (11) Interacciones sociales 37
Hábitats y comunidades Terrestres (12) Cadenas alimenticias (12) Uso del suelo (12) Especies raras y en peligro (14) Diversidad de especies Acuáticas (12) Cadenas alimenticias (12) Especies raras y en peligro (12) Características fluviales (14) Diversidad de especies 100	Contaminación atmosférica (5) Monóxido de carbono (5) Hidrocarburos (10) Óxidos de nitrógeno (12) Partículas sólidas (5) Oxidantes fotoquímicos (10) Óxidos de azufre (5) Otros 52 Contaminación del suelo (14) Uso del suelo (14) Erosión 28 Contaminación por ruido (4) Ruido 4	Biota (5) Animales domésticos (5) Animales salvajes (9) Diversidad de tipos de vegetación (5) Variedad dentro de los tipos de vegetación 24 Objetos artesanales (10) Objetos artesanales 10 Composición (15) Efectos de composición (15) Elementos singulares 30	

Fuente: Conesa, (1997)



9.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los factores ambientales más afectados por la construcción de la carretera "CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE" son:

- El paisaje con una importancia absoluta de -1,295 e importancia relativa de 122.17, con un porcentaje de 15.14 %.
- La biodiversidad y contaminación directa con una importancia absoluta de -1,295 e importancia relativa de 114.03, con un porcentaje de 14.13%.
- El factor ambiental positivo con una importancia absoluta y relativa es el que corresponde al Empleo, con valores de +720 y 62.96 respectivamente, con un porcentaje de 7.80%.

En general podemos decir que el proyecto, desde el punto de vista ambiental, es negativo Moderado; por lo tanto se deberán implementar y ejecutar medidas de mitigación para contrarrestar las acciones más impactantes identificadas en la evaluación.

9.4. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

9.4.1. Generalidades

La ejecución de obras para la Construcción de la carretera "CP. INSCULAS – CP. EL FAIQUE", comprende entre otras actividades, movimiento de tierra, movimiento de equipos y transporte de materiales; las que generan impactos ambientales directos e indirectos en el ámbito de su influencia, por lo que se propone un Plan de Manejo Ambiental, el cual establecerá un sistema de control que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas, enmarcadas dentro del manejo y conservación del medio ambiente en armonía con el desarrollo integral y sostenido de las áreas involucradas a lo largo del emplazamiento de la vía.

A este respecto se considera de especial importancia la coordinación intersectorial y local para lograr la conciliación de los aspectos ambientales con la propuesta técnica que se presenta para la ejecución.



9.4.2. Medidas de mitigación, control y prevención ambiental

En este punto se identificarán las medidas necesarias para evitar daños innecesarios derivados de la falta de cuidado o de planificación deficiente de las operaciones del proyecto.

a) Emisiones de material particulado

- Para evitar el levantamiento del material particulado acentuado en vías no asfaltadas cercanas a canteras, chancadoras, planta de asfalto y campamentos se deberá humedecerla regularmente.
- El transporte de material proveniente de las canteras deberá estar protegido con toldos humedecidos a fin de minimizar la emisión de polvo.
- Los trabajadores y población aledaña que se encuentren expuestos al material particulado deben portar mascarillas.

b) Emisiones Sonoras

- Se deberá verificar el estado de los silenciadores de los equipos y maquinaria a utilizarse, con el fin de evitar la emisión de ruidos excesivos por una mala regulación y/o calibración que afectan a la población y a los trabajadores del proyecto.
- Los trabajadores y los pobladores deberán utilizar tapa oídos, durante la ejecución del proyecto.

c) Emisiones de Gases

- El equipo de trabajo encargado de la producción y manejo de la mezcla asfáltica deberán portar protectores buco nasales con filtro de aire para evitarla inhalación de gases tóxicos.



- Quedará terminantemente prohibido incinerar desechos sólidos de cualquier tipo.
- El equipo móvil y la maquinaria pesada deben encontrarse en buen estado mecánico y de carburación, reduciendo así las emisiones de gases.

d) Calidad de agua

- Los residuos líquidos y sólidos (aguas servidas, residuos de lubricante, grasas, combustibles y otros), excedentes no serán arrojados a las fuentes de agua.

e) Contaminación de los suelos

- La explotación de canteras, la instalación de los campamentos, planta de Asfalto serán en áreas alejadas de suelos productivos para que no afecte la calidad edáfica de la zona.
- Instalar una zona de lavado y cambio de aceite adecuado, proteger estas áreas con láminas impermeables cubiertas de hormigón o arena y acumular el aceite desechable en bidones para su traslado a sitios adecuados y permitidos.
- En caso de derrámense accidentalmente se debe humedecer la zona del vertimiento y remover el material afectado lo antes posible.
- Concluido los trabajos, Los taludes amplios de corte y relleno deberán ser reforestados.

f) Alteración Paisajista

- La eliminación de material no deberá ser dejada a los costados de la vía, estos serán ubicados en los botaderos asignados.



g) Efectos en la Salud

Se deberá contar con un botiquín adecuado de primeros auxilios, para socorrer a los trabajadores de la inhalación de gases y quemaduras en el transporte y disposición del asfalto líquido y de ser necesario evacuarlos a establecimientos de salud.

- El personal de la obra deberá estar informado de las adecuadas normas de higiene del campamento y de higiene personal.
- El personal de la obra deberá contar con un certificado de salud reciente, expedida por el área de salud respectiva.
- Se identificara los Centros de salud más cercanos a las zonas de trabajo.

h) Generación de Empleo

- Para la contratación de personal sobre todo de la mano de obra no calificada, hasta donde fuera posible se deberá hacer una clasificación de las personas con mayores necesidades.



CAPITULO X

METRADO,

PRESUPUESTO Y

CRONOGRAMA DE

OBRA



10.1. METRADOS:

01.0 OBRAS PROVISIONALES

01.01 CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60 m * 2.40 m

Progresiva	Cantidad	Ubicación
00 + 000	1.00	CP. Insculas
Total (und)	1.00	

01.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA

- Distribución por pesos del equipo a utilizar

Und	Tipo de vehículo a movilizar y desmovilizar	Peso (kg)	Distribución de pesos (tn)	
			En tráiler	En equipo propio
1	Cargador Frontal	16,584	16.58	
1	Rodillo Vib.LisoAutop.	11,100	11.10	
1	Motoniveladora 145 HP	13,540	13.54	
1	Mezcladora de Concreto	500		0.50
TOTAL			41.22	0.50

- Número de viajes por tipo de vehículo de carga

Tipo de vehículo de carga	Capacidad efec. peso (tn)	Peso carga equipos (tn)	*Nº de viajes
Plataforma	19	41.22	3
Volquete	26	0.50	1

* N° de Viajes: Estimados según la capacidad en peso y en espacio libre



- Costo de la movilización y desmovilización de equipos

Nº und	Tipo de vehículo	Costo en soles	
		Alquiler / día	Subtotal
1	CISTERNA	320.00	320.00
4	VOLQUETE	440.00	1,760.00
3	PLATAFORMA	1,200.00	3,600.00
TOTAL			5,680.00

Monto movilización	S/.5,680.00
Monto desmovilización	S/.5,680.00
TOTAL DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	S/.11,360.00

* Se está considerando la movilización y desmovilización de maquinaria dentro de la Región

01.03 CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS

Progresiva	Und.
0 + 000	1.00
3 + 500	1.00

Metrado: 1.00Glb

- Desagregado de campamento

DESCRIPCIÓN	Meses	M2
1. Alberge personal	3.00	40
2. Almacén de insumos y materiales	3.00	40
3. Parqueo de maquinaria	3.00	0
4. Servicios higiénicos (02 Letrinas Transp.)		

Será del tipo desmontable; compuesto de Triplay, columnas, vigas de madera y calamina.

Parqueo: No se considera costo alguno, por tratarse de áreas libres

Área Total = 400 m²



02.00 TRABAJOS PRELIMINARES

02.01 TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA

Progresiva			Distancia (km)
km 0 + 000	-	Km 7 + 145.31	7.145
Total			7.145

02.02 CONTROL TOPOGRAFICO

Progresiva			Distancia (km)
km 0 + 000	-	Km 7 + 145.31	7.145
Total			7.145

02.03 DESBROCE Y TALA

Progresiva		Distancia (ha)
km 0 + 000	Km 1 + 000	1.00
km 1 + 000	Km 2 + 000	1.00
km 2 + 000	Km 3 + 000	1.00
km 3 + 000	Km 4 + 000	1.00
km 4 + 000	Km 5 + 000	1.00
km 5 + 000	Km 6 + 000	1.00
km 6 + 000	Km 7 + 145.31	1.145
Total		7.145

03.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01 CORTE DE MATERIAL SUELTO

Progresiva		Volumen (m ³)
km 0 + 000	Km 7 + 145.31	2146.27



03.02 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES, INCLUYE SOBREENCHOS

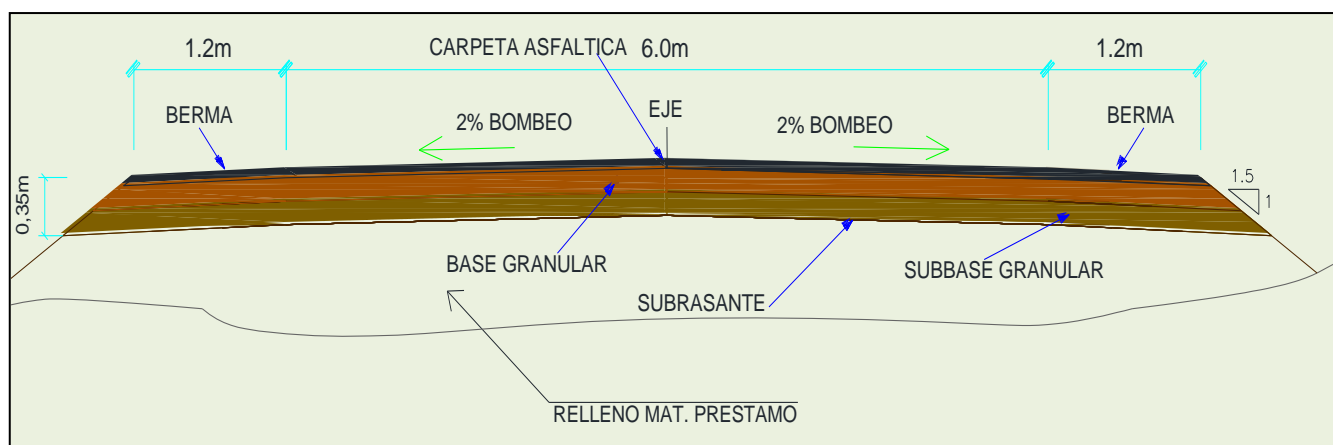
Progresiva		Volumen (m³)
km 0 + 000	Km 1 + 000	2,914.57
km 1 + 000	Km 2 + 000	3,562.05
km 2 + 000	Km 3 + 000	5,207.89
km 3 + 000	Km 4 + 000	3,013.68
km 4 + 000	Km 5 + 000	3,633.71
km 5 + 000	Km 6 + 000	4,390.27
km 6 + 000	Km 7 + 145.31	3,663.88
Total		26,386.05

03.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE

Progresiva		Volumen (m³)
km 0 + 000	Km 7 + 145.31	2,682.82

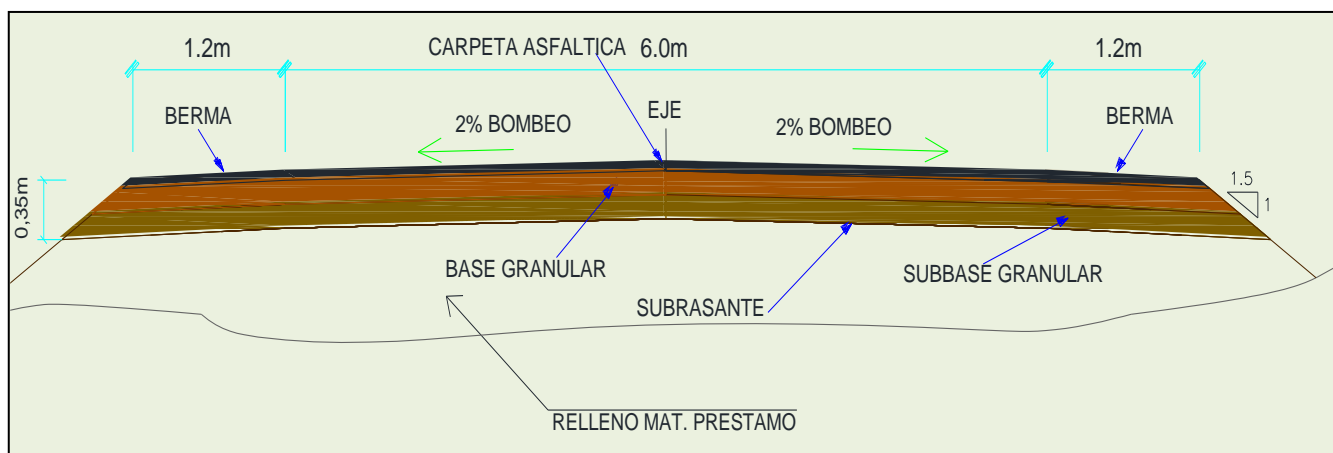
04.00 PAVIMENTOS

04.01 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE



Kilometraje	Distancia m	Dimensiones (m)			Perfilado m²
		Ancho menor	Ancho mayor	Ancho prom.	
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	8.4	9.52	8.96	68,023.35
Total					68,023.35

04.02 SUB BASE (e = 0.15 m), INCLUYE SOBREANCHOS EN CURVAS



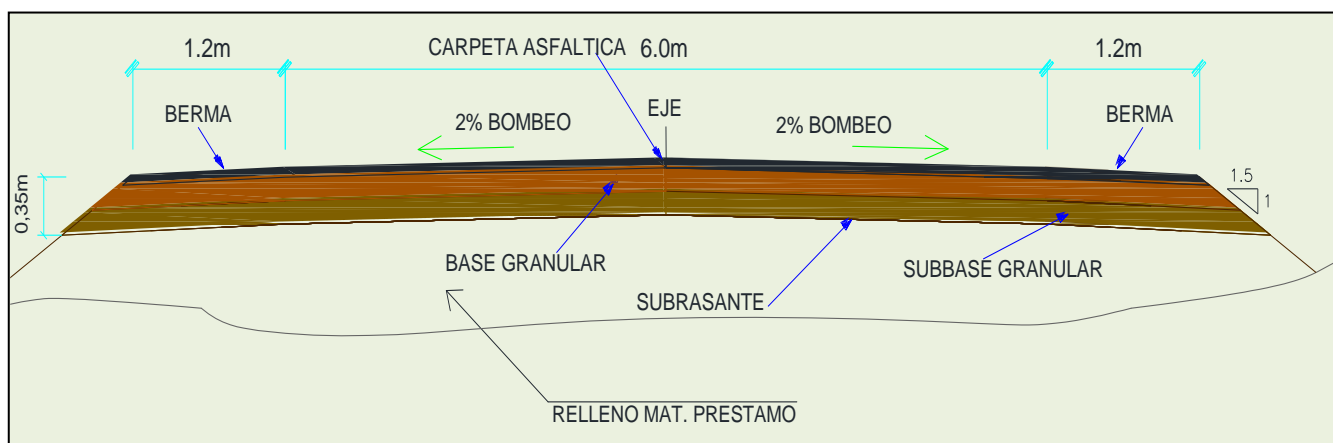
Kilometraje	Distancia m	Dimensiones		Metrado	
		Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	1.392	0.15	9,944.84	66,298.95
Total					66,298.95

- ZONA DE SOBREANCHOS

Kilometraje	Long. Total de curvas	Dimensiones		Metrado	
		Ancho Total m	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	2,358.38	26.95	0.15	9,533.77	63,558.46
Total					63,558.46

Total				129,857.41 m²
-------	--	--	--	---------------------------------

04.03 BASE (e = 0.15 m), INCLUYE SOBREANCHOS EN CURVAS





Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA CP. INSCULAS - CP. EL FAIQUE, DISTRITO DE OLMOS,
PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE"



Kilometraje	Distancia m	Dimensiones		Metrado	
		Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	1.3201	0.15	9,432.52	62,883.49
Total					62,883.49

- ZONA DE SOBREENCHOS

Kilometraje	Long. Total de curvas	Dimensiones		Metrado	
		Ancho Total m	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	2,358.38	21.33	0.15	7,543.88	50,292.55
Total					50,292.55

Total	113,176.04 m²
-------	---------------------------------

04.04 IMPRIMANTE ASFÁLTICA CON MC - 30, INCLUYE SOBREENCHOS EN CURVAS

Kilometraje	Distancia m	Ancho m	Perfilado m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	8.4	60,020.60
Total			60,020.60

- ZONA DE SOBREENCHOS

Kilometraje	Long. Total de curvas	Ancho Total m	Perfilado m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	2,358.38	15.70	37,026.64
Total			37,026.64

Total	97,047.24 m²
-------	--------------------------------



04.05 CARPETA ASFALTICA EN FRIO DE 2", INCLUYE SOBREANCHOS EN CURVAS

Kilometraje	Distancia m	Dimensiones		Metrado	
		Área m ²	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	0.4239	0.05	3,028.897	60,577.94
Total					60,577.94

- ZONA DE SOBREANCHOS

Kilometraje	Long. Total de curvas	Dimensiones		Metrado	
		Ancho Total m	Espesor m	m ³	m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	2,358.38	15.70	0.05	1,851.332	37,026.64
Total					37,026.64

Total	97,604.58 m²
-------	--------------------------------

04.06 SELLO ASFALTICO, INCLUYE SOBREANCHOS EN CURVAS

Kilometraje	Metrado m ²
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	97,604.58
Total	97,604.58

04.07 TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA

Kilometraje	Metrado m ³ - km
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	62,841.06
Total	62,841.06

05.00 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

05.01 ALCANTARILLAS TIPO MARCO

05.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS



05.01.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS EXISTENTES

Descripción	Metrado und
Alcantarillas existentes	02

05.01.02 CONSTRUCCION DE ALCANTARILLAS TIPO MARCO

Descripción	Metrado und
Alcantarillas proyectadas	05

06.00 SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL AMBOS SENTIDOS

06.01 SEÑALIZACION

06.01.01 POSTES KILOMETRICOS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	8
Total		8

06.01.02 SEÑALES REGULADORAS O REGLAMENTARIAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	07
Total		07

06.01.03 SEÑALES PREVENTIVAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	42
Total		42



06.01.04 SEÑALES INFORMATIVAS

Kilometraje	Distancia m	Unidades
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7,145.31	05
Total		05

06.02 SEGURIDAD VIAL

06.02.01 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

06.02.01.01 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

06.02.01.02 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

06.02.01.03 EXÁMENES MÉDICOS OCUPACIONALES (INGRESO Y DE RETIRO)

06.02.01.04 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS

07.00 IMPACTO AMBIENTAL

07.01 CLAUSULA DE SILOS Y RELLENOS SANITARIOS

07.02 REVEGETALIZACION

07.03 ACONDICIONAMIENTO Y RESTAURACION DE CANTERA

07.04 PLAN DE MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL

07.05 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

07.05.01 CONTENEDOR DE RESIDUOS SOLIDOS

07.05.02 DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

08.00 OTROS

08.01 FLETE PARA TRANSPORTE DE MATERIALES A LA OBRA

08.02 LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

Kilometraje	Metrado km
km 0 + 000 - km 7 + 145.31	7.145
Total	7.145



CAPITULO XI

ESPECIFICACIONES

TÉCNICAS



11.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

01.0 OBRAS PROVISIONALES

01.01 CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE OBRA 3.60 m x 2.40 m

El cartel de obra se colocará en el inicio del proyecto en un lugar visible de la zona del proyecto. La dimensión del cartel será 2.40*3.60m colocado a una altura no menor de 2.00 m medida desde su parte inferior. En el letrero deberá figurar el nombre de la entidad ejecutora, nombre de la obra, tiempo de ejecución, financiamiento, modalidad de la obra, cuyo diseño será proporcionado por el Supervisor.

Ubicación: Inicio de Tramo Km. 00 + 000 (CP. Insculas)

Método de Medición: El trabajo se medirá por unidad.

01.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA

El Contratista, deberá realizar el trabajo de suministrar, reunir y transportar todo el equipo y herramientas necesarias para ejecutar la obra, con la debida anticipación a su uso en obra, de tal manera que no genere atraso en la ejecución de la misma.

Método de Medición: Para efectos del pago, la medición será en forma global.

La suma a pagar; por la partida **MOVILIZACIÓN y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO** Será la indicada en el Presupuesto Ofertado por el Contratista.

01.03 CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS

Son las construcciones provisionales que servirán para albergue (ingenieros, técnicos y obreros) almacenes, comedores y talleres de reparación y mantenimiento de equipo. Asimismo, se ubicarán las oficinas de dirección de la obra.



02.00 TRABAJOS PRELIMINARES

02.01 TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA

El Contratista, bajo esta partida, procederá al replanteo general de la obra, de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto. El mantenimiento de los Bench Marks (BMs), plantillas de cotas, estacas, y demás puntos importantes del eje será responsabilidad exclusiva del Contratista.

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.02 CONTROL TOPOGRAFICO

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.03 DESBROCE Y TALA

Eliminación de arbustos y árboles de la zona de trabajo.

Método de Medición: El área que se medirá será el número de hectáreas

03.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01 CORTE EN MATERIAL SUELTO

Esta partida consiste en la excavación y corte de material suelto a fin de alcanzar las secciones transversales exigidas en los planos. Se entiende como material común aquel que para su remoción no necesita uso de explosivos, ni de martillos neumáticos, pudiendo ser excavados mediante el empleo de tractores, excavadores o cargadores frontales, y desmenuzado mediante el escarificador de un tractor sobre orugas.

✓ Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.



Cuando los taludes excavados tiene más de tres (3) metros, y se presentan síntomas de inestabilidad, se deben de hacer terrazas o banquetas de corte y realizar labores de sembrado de vegetación típica en la zona afectada, para evitar la erosión, ocurrencia de derrumbes o deslizamientos que puedan interrumpir las labores de obra, así como la interrupción del tránsito en la etapa operativa aumentando los costos de mantenimiento. En los lugares que se estime conveniente, se deberán de construir muros de contención. Estas labores deben de tratarse adecuadamente, debido a que implica un riesgo potencial grande para la integridad física de los usuarios de la carretera.

Método de medición: El trabajo ejecutado se medirá en metros cúbicos de material aceptado excavado de acuerdo a lo antes especificado, medido en su posición original y computado por el método promedio de áreas extremas.

03.02 CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES

Bajo esta partida el Contratista realizará todos los trabajos necesarios para formar los terraplenes o rellenos con material proveniente de las excavaciones, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas de acuerdo con las presentes especificaciones, alineamientos, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos y como sea indicado por el Ingeniero Supervisor.

Materiales

El material para formar el terraplén deberá ser de tipo adecuado, aprobada por el Ingeniero Supervisor, no deberá contener escombros, tacones ni restos de vegetal alguno y estar exento de materia orgánica. El material excavado húmedo y destinado a rellenos será utilizado cuando tenga el contenido óptimo de humedad.

Todos los materiales de corte, cualquiera sea su naturaleza, que satisfagan las especificaciones y que hayan sido consideradas aptas por el Ingeniero Supervisor serán utilizados en los rellenos.



Barreras en el pie de los taludes

El contratista deberá evitar que el material del relleno esté más allá de la línea de las estacas del talud, construyendo para tal efecto cunetas en la base de estos o levantando barreras de contención de roca, canto rodado, tierras o tablonés en el pie de talud, pudiendo emplear otro método adecuado para ello, siempre que sea aprobado por el Ingeniero Supervisor.

Reserva de Material para "Lastrado"

Donde se encuentre material apropiado para lastrado se usará en la construcción de la parte superior de los terraplenes o será apilado para su futuro uso en la ejecución del lastrado.

Rellenos fuera de las estacas del Talud

Todos los agujeros provenientes de la extracción de los troncos e irregularidades del terreno causados por el contratista, en la zona comprendida entre el estacado del pie de talud, el borde y el derecho de vía serán rellenos y nivelados de modo que ofrezcan una superficie regular.

Material Sobrante

Cuando se disponga de material sobrante, este será utilizado en ampliar uniformemente el terraplén o en la reducción de pendiente de los taludes, de conformidad con lo que ordene el Ingeniero Supervisor.

Compactación

Si no está especificado de otra manera en los planos o las disposiciones especiales, el terraplén será compactado a una densidad de noventa (90%) por ciento de la máxima densidad obtenida por la designación AASHTO T-1 80-57, en capas de 0.20 m, hasta 30 cm. inmediatamente debajo de las sub - rasante.

El terraplén que esté comprendido dentro de los 30 cm. inmediatamente debajo de la sub-rasante será compactado a 95% de la densidad máxima, en capas de 0.20 m. El Ingeniero Supervisor ordenará la



ejecución de los ensayos de densidad en campo para determinar el grado de densidad obtenido.

Contracción y Asentamiento

El Contratista construirá todos los terraplenes de tal manera, que después de haberse producido la contracción y el asentamiento y cuando deba efectuarse la aceptación del proyecto, dichos terraplenes tengan en todo punto la rasante, el ancho y la sección transversal requerida.

El Contratista será responsable de la estabilidad de todos los terraplenes contruidos con cargo al contrato, hasta aceptación final de la obra y correrá por su cuenta todo gasto causado por el reemplazo de todo aquello que haya sido desplazado a consecuencia de falta de cuidado o de trabajo negligente por parte del Contratista, o de daños resultantes por causas naturales, como son lluvias normales.

Protección de las Estructuras

En todos los casos se tomarán las medidas apropiadas de precaución para asegurar que el método de ejecución de la construcción de terraplenes no cause movimiento alguno o esfuerzos indebidos en las estructuras existentes. Los terraplenes encima y alrededor de alcantarillas, muros de sostenimiento y muros de cabecera, se harán de material de afirmado según detalle de las estructuras, colocados cuidadosamente, intensamente apisonados y compactados y de acuerdo a las especificaciones para el relleno de las diferentes clases de estructuras.

Método de Medición: El volumen por el cual se pagará será el número de metros cúbicos de material aceptablemente colocado, conformado, regado y compactado, de acuerdo con las prescripciones de la presente especificación, medidas en su posición final y computada por el método del promedio de las áreas extremas.

03.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE EN BOTADERO

Bajo estas partidas se considera el traslado de material bajo la siguiente clasificación:



- ✓ Provenientes de excedentes de corte a depósitos de deshechos.
- ✓ Provenientes de excedentes de corte transportados para uso en terraplenes y sub bases.
- ✓ Provenientes de derrumbes, excavaciones para estructuras y otros.

Medición: Las unidades de medida para el transporte de materiales proveniente de excavaciones y derrumbes, serán las siguientes:

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico - kilómetro (m³ - km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia real de transporte. El Ejecutor debe considerar los esponjamientos y las contracciones de los materiales, diferenciando los volúmenes correspondientes a distancias menores a 1 km. y distancias mayores a 1 km.

Ítem de pago	Unidad de pago
Eliminación de materiales granulares para distancias mayores de mil metros (1000 m)	Metro cúbico - kilómetro (m ³ -km)

04.00 PAVIMENTO

04.01 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON OVER E=0.4m

Método de Medición: El área a pagar será el número de metros cuadrados de la superficie mejorada.

04.02 PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE

El Contratista, realizará los trabajos necesarios de modo que la superficie de la subrasante presente los niveles, alineamiento, dimensiones y grado de compactación indicados, tanto en los planos del proyecto, como en las presentes especificaciones.

Se denomina subrasante a la capa superior de la explanación que sirve como superficie de sustentación de la capa de afirmado. Su nivel es paralelo al de la rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante



los cortes o rellenos previstos en el proyecto. La superficie de la subrasante estará libre de raíces, hierbas, desmonte o material suelto.

Método de Medición: El área a pagar será el número de metros cuadrados de superficie perfilada y compactada.

04.03 SUB BASE E = 0.15 m

04.04 BASE E = 0.15 m

Esta partida consiste en la conformación de una capa de fundación compuesta por grava ó piedra fracturada en forma natural o artificial, y finos (limos y arcillas), construida sobre una superficie debidamente preparada y de conformidad con los espesores, alineamientos, rasantes y secciones transversales indicados en el expediente técnico de la obra.

Materiales

El material para afirmado deberá ser un suelo granular compuesto por fragmentos de piedra o grava de diámetro no mayor de 2.5", un ligante (limo ó arcilla) u otros materiales minerales finamente divididos; libres de material vegetal, terrones u otro de calidad indeseable.

El material de tamaño excesivo será retirado o triturado hasta obtener el tamaño requerido; debiendo cumplir en general los requisitos siguientes:

Características físico mecánicas Base

- Limite Líquido	Máximo 35%
- Índice Plástico	Mínimo 3% Máximo 9%
- Equivalente de Arena	Mínimo 30%
- Abrasión	Máximo 40%
- Durabilidad	Máximo 15%
- Partículas chatas y alargadas	Máximo 20%
- Capacidad de Soporte (CBR)	Mínimo 45%
- Sales Solubles Totales	Máximo 1%
- Porcentaje de Compactación (Próctor Modificado ó T-180)	Mínimo 100%
- Variación del contenido Óptimo de humedad	± 1.5%



Graduación

El material de afirmado se circunscribirá a las granulometrías C, D, E ó F especificadas en la tabla adjunta y el material que pase el tamiz N° 200 (0.075 mm), deberá ser mayor al 8 % en lugar de los porcentajes mínimos indicados en la misma tabla.

Tamiz		Porcentaje en peso del material que pasa los tamices indicados					
		A	B	C	D	E	F
Pulg.	Mm						
2	50.0	100	100	----	----	----	----
1	25.0	----	75 – 95	100	100	100	100
3/8	9.5	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100	----	----
N° 4	4.75	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 - 100	70 - 100
N° 10	2.00	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 - 100	55 - 100
N° 40	0.425	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45	20 – 50	30 - 70
N° 200	0.075	2 – 8	5 – 20	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 - 25

La porción de material retenido en el tamiz N° 4 será llamada fracción gruesa y la porción que pasa el tamiz N° 4 será llamada fracción fina.

Extracción de materiales

El material granular proveniente de canteras será seleccionado mediante zarandeo y deberán estar acopiadas en zonas donde indique el supervisor.

Mezclado de materiales

En el caso que las canteras seleccionadas para afirmado, no cumplan con los requisitos de plasticidad indicados en el literal B de la presente especificación, será necesario realizar mezclas con material granular ó fino ligante para lograr la plasticidad requerida, debiéndose seguir de manera general las recomendadas siguientes:

- Las canteras de río con Índices de Plasticidad (IP) inferior al 3 %, se usarán como afirmado, previa mezcla con material fino ligante (limos y/o arcillas de baja plasticidad). Se estima 70% material granular de río y 30% de finos.



- Las canteras de cerro con Índices de Plasticidad (IP) superior al 9%, se usarán como afirmado, previa mezcla con material granular pasante la malla $\frac{3}{4}$, de baja a nula plasticidad. Se estima 75% material de cerro y 25% material granular no plástico.

La mezcla debe ser homogénea, las proporciones reales serán determinadas en obra mediante diseños de mezcla, con el visto bueno y aprobación del Supervisor.

Colocación y extendido

El material granular mezclado y/o batido, será colocado sobre la subrasantes ó superficie debidamente preparada y compactado en capas del espesor indicado en los planos o por el Supervisor.

El esparcido se realizará con motoniveladora u otro equipo aplicable en capas uniformes evitando la segregación del material, con un espesor suelto tal que después de ser compactada tenga el espesor requerido.

Compactación

Inmediatamente después de terminada la distribución y emparejamiento del material, cada capa de éste deberá compactarse en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios de 7 – 9 toneladas de peso mínimo. Dicha compactación deberá progresar gradualmente desde los costados hacia el centro, en sentido paralelo al eje del camino y deberá continuar así hasta que toda la superficie haya recibido este tratamiento.

El material será tratado con motoniveladora y rodillo hasta que se haya obtenido una superficie lisa y pareja. Cualquier irregularidad deberá corregirse aflojando el material y agregando ó quitando material hasta obtener una superficie pareja y uniforme. En las curvas, muros u otros sitios no accesibles al rodillo, la compactación se realizará empleando apisonadoras mecánicas.

Durante la ejecución, el Supervisor realizará ensayos de control de densidad, de acuerdo al Método Próctor Modificado ó Método T-180, efectuando un (01) ensayo cada 250 m por capa de material colocado,



debiéndose comprobar que la densidad resulta igual ó superior al 100% de la densidad máxima determinada en el laboratorio.

Exigencias del espesor

El espesor de la base terminada no deberá diferir en ± 1 cm de lo indicado en los planos. Las mediciones se harán por medio de perforaciones de agujeros u otros métodos aprobados.

Cualquier zona que se desvíe de la tolerancia admitida, deberá corregirse removiendo o agregando material según sea necesario, conformando y compactando luego en la forma especificada.

Las perforaciones de agujeros para determinar el espesor de la base y la operación de rellenado con materiales adecuadamente compactos, deberá efectuarse por parte del Contratista bajo control del Supervisor.

Método de medición: El metrado se determinará tomando como base las secciones transversales del proyecto, verificadas por el Supervisor antes y después de la colocación de las capas de afirmado.

04.05 IMPRIMANTE ASFÁLTICA CON MC – 30

Esta partida se refiere a la aplicación mediante riego, de asfalto líquido del tipo "cutback" sobre la superficie de una base no asfáltica o, en su caso, para el tratamiento primario de las superficies destinadas a estacionamientos, cruces, bermas, etc. preparada con anterioridad, y de acuerdo con las Especificaciones y de conformidad con los planos o como sea designado por el Ingeniero Supervisor.

La calidad y cantidad de asfalto será la necesaria para cumplir los siguientes fines:

- a) Impermeabilizar la superficie de la base;
- b) Recubrir y unir las partículas sueltas de la superficie;
- c) Mantener la compactación de la base; y
- d) Propiciar la adherencia entre la superficie de la base y la nueva capa a construirse.



Materiales

Se utilizará asfaltos líquidos de curado medio (MC) en los grados 30 ó 70 (designación AASHTO M-82-75); o asfalto líquido de curado rápido RC-250 diluido con kerosene industrial en proporción del 10 al 20% en peso.

Aplicación de la capa de imprimación

El riego de imprimación se efectuará cuando la superficie de la base esté preparada, es decir, cuando esté libre de partículas o de suelo suelto. Para la limpieza de la superficie se empleará una barredora mecánica o sopladora según sea necesario.

Cuando se trate de un material poroso, la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La humedad de estos materiales se logrará por el rociado de agua en la superficie, en cantidad adecuada para este fin.

La operación de imprimación deberá de empezar cuando la temperatura superficial a la sombra sea de más de 13 grados en ascenso o de más de 15 grados en descenso. Se suspenderá la operación en tiempo brumoso o lluvioso.

La aplicación del material bituminoso deberá hacerse a presión para garantizar un esparcido uniforme y continuo utilizando un distribuidor autopropulsado que estará equipado con una manguera auxiliar de boquillas esparcidoras y conectada a la misma presión del sistema del distribuidor en cuanto al tamaño de la barra distribuidora, tamaño de boquillas, espaciamiento entre boquillas, ángulo de boquillas con el eje de la barra distribuidora, altura de la barra distribuidora sobre la base, capacidad y presión de bomba, serán adecuadas para obtener el fin propuesto.

La cantidad de asfalto por unidad de área será definida con la Supervisión de acuerdo a la calidad de la base y estará comprendida entre 0.70 y 1.50 lt/m² para una penetración de 7 mm por lo menos verificándose este cada 25 m; la temperatura de aplicación del riego estará comprendida, según el tipo de asfalto a usarse, dentro de los siguientes intervalos:



MC-30	21°C - 60°C
MC-70	43°C - 85°C
(RC-250) + 15% KEROSENE	25°C - 70°C

Cualquier área ubicada fuera del canal de riego del distribuidor, deberá ser imprimada con las mismas características utilizando un esparcidor auxiliar. Los excesos de asfalto serán retirados utilizando para el efecto una escoba de goma.

Durante la operación de riego se deberán tomar las providencias necesarias para evitar que estructuras, edificaciones o árboles adyacentes al área por imprimir sean salpicados por el asfaltado a presión.

El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie de la base. Si en el término de 24 horas esto no ocurriese, la Supervisión podrá disponer de un tiempo mayor de curado.

Cualquier exceso de asfalto al tiempo del término del curado, deberá secarse, esparciendo sobre su superficie arena limpia, exenta de vegetales y otras materias indeseables, cuya gradación corresponda a los requisitos del agregado tamaño N° 10 norma AASHTO M-43054 [ASTM D-448-54]. La superficie así imprimada, curada y secada, debe permanecer en esta condición hasta que se le aplique la placa de rodamiento.

Alguna área que no reciba el tratamiento, debe ser inmediatamente imprimada usando una manguera de esparcidor conectada al distribuidor. Si las condiciones de tráfico lo permiten, en opinión del Ingeniero, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la base por operación. Debe tenerse cuidado de imprimir la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante un período de curado mínimo de 24 horas. El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie de la base. Si en el término de 24 horas esto no ocurriese, la supervisión podrá disponer un tiempo mayor de curado.



Para verificar la calidad del material bituminoso, deberá ser examinado en el laboratorio y evaluado teniendo en cuenta las especificaciones recomendadas por el Instituto de Asfalto. En caso que el asfalto líquido preparado fuera provisto por una planta especial, se deberá contar con un certificado de laboratorio que confirme las características del material.

En el procedimiento constructivo, se observará entre otros los siguientes cuidados que serán materia de verificación:

- ✓ La temperatura de aplicación estará de acuerdo con lo especificado según el tipo de asfalto líquido.
- ✓ La cantidad de material esparcido por unidad de área será la determinada con la supervisión de acuerdo al tipo de superficie; y será controlada colocando en la franja de riego algunos recipientes de peso y área conocidos;
- ✓ La uniformidad de la operación se logrará controlando la velocidad del distribuidor, la altura de la barra de riego y el ángulo de las boquillas con el eje de la barra de riego.

La frecuencia de estos controles, verificaciones o mediciones por la supervisión, se efectuará de manera especial al inicio de las jornadas de trabajo de imprimación.

Protección de las estructuras adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta de tratamiento, deben ser protegidas de tal manera que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de que esas salpicaduras o manchas ocurran, el Contratista deberá por cuenta propia retirar el material y reparar todo daño ocasionado.

Mantenimiento

El Contratista deberá conservar la superficie imprimada hasta que la capa superficial sea colocada. Cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículo o por otra causa, deberá ser reparada antes de que sea colocada la capa superficial.



Método de medición: El método de medición será por m² imprimado obtenidos según indicación de los planos y aprobados por el Supervisor.

04.06 CARPETA ASFÁLTICA EN FRIO e = 2"

Este trabajo consistirá en una capa de 2" de concreto asfáltico construida sobre una base preparada, de acuerdo a las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos, acotaciones y perfil tipo de la obra indicado en los planos.

Materiales:

Agregado grueso: El agregado grueso será la porción de agregado retenido en el tamiza N° 10 consistirá de fragmentos durables de piedra triturada, limpia y calidad uniforme. Debe estar libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales que se encuentren libres o adheridas al agregado. La piedra de la cual sea extraído el agregado, debe poseer una abrasión no mayor de 40 cuando se someta al ensayo de Los Ángeles. La piedra debe estar triturada por lo menos el 90% de las partículas. No se aceptarán piezas chatas o alargadas. Cuando se prueben para determinar la durabilidad con el sulfato de sodio, el porcentaje máximo será 12%.

Al ver aprobado por el método tentativo de ensayos para revestimientos y desprendimiento en mezclas agregado – bitumen, deberá tener un porcentaje retenido de más de 95%. En caso contrario deberá usarse algún aditivo aprobado por el ingeniero.

El material deberá estar libre de materia orgánica y de terrones de arcilla y películas adheridas de arcilla, y otras materias que podrían impedir una impregnación total con el producto bituminoso.

Agregado fino: Será la porción del agregado que pasa por el tamiza N° 10 y consistirá de arena natural o cerniduras de piedra, que se compondrá de partículas durables que están libres de arcilla u otra materia dañina. La durabilidad será menor de 15% cuando se le someta al sulfato de sodio después de cinco años.



Relleno Mineral (Filler): El material de relleno de origen mineral que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Portland y otros elementos no elásticos, proveniente de fuentes de origen aprobados por el ingeniero. Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones y cuando sean ensayados con los tamices de laboratorio, deberán llenar las siguientes exigencias granulométricas:

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA
N° 30	100
N° 100	95
N° 200	65

Material Bituminoso: El asfalto cut – back RC – 250, no debe contener agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse.

Mezclas Asfálticas: Las mezclas asfálticas, consistirán en una mezcla de agregado grueso, agregado fino y material asfáltico proporcionado en peso (Ver diseño de mezclas asfáltico).

La graduación de cada uno de los componentes, producirán al estar bien gradados, una mezcla conforme a los límites de graduación indicado en la siguiente tabla.

Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado combinado total que pasa la malla	
	Porcentaje en peso	
1"	100	100
3/4"		100
1/2"	75 – 90	75 – 90
N° 4	50 – 70	50 – 70
N° 10	35 – 50	35 – 50
N° 40	20 – 30	20 – 30
N° 200	0 – 3	0 – 3
Espesor de la carpeta	2"	1"



El ingeniero especificará y aprobará la mezcla sujeta a las siguientes condiciones:

- ✓ Estará entre los límites de graduación del tipo especificado.
- ✓ La graduación de la mezcla se aproximará lo más posible al término medio de 1 porcentaje que pase por cada tamaño del tamiz del tipo de mezcla seleccionada.
- ✓ La mezcla, al ser compactada, por métodos de laboratorio, tendrá una densidad no menor de 95% de la densidad calculada de una mezcla sin vacíos compuesta de materiales similares en iguales proporciones.
- ✓ El contratista presentará por escrito una fórmula de trabajo en la que incluyan los porcentajes de agregado grueso, fino y bituminoso, la que deberá ser aprobada por el ingeniero. Cualquier cambio de fuente de aprovisionamiento de materiales, deberá ser aprobado por el ingeniero, previa presentación de una prueba fórmula de trabajo.
- ✓ El tipo y cantidad de la mezcla estará conforme con las especificaciones indicadas en los planos.

Extracción de muestras para ensayos de gradación del agregado mineral: Cuando lo requiera el ingeniero, se tomarán muestras de la planta, de los camiones o del pavimento terminado y cuando dicha muestra (no menos de 3 kg.), sea probada por métodos Standard de laboratorio, no debe variar de las proporciones de graduación de la fórmula de trabajo en más de 5%, en cualquier caso, según la muestra que se ensaye.

Proporciones y mezclas: Las proporciones de varios minerales que entran en la mezcla asfáltica, debe ser especificada por el ingeniero, de acuerdo con las especificaciones. El ingeniero o su representante autorizado, debe tener acceso siempre a todas las partes de las plantas de pavimentación. Los tamaños y características de operación de la mezcladora, el tipo de operación de la piedra, las mallas, la mezcladora, los tanques de almacenamiento de asfalto, el equipo de acarreo y demás partes de la planta, deben estar en tal forma que permitan una operación continua, el ingeniero puede suspender toda la operación de mezcla hasta que se hagan los ajustes necesarios para acelerar el trabajo o se instale nueva maquinaria para ello.



La cantidad de pegante bituminoso requerido, varía de acuerdo con la graduación y las características de los agregados, pero normalmente se especifica del 4 al 7% del peso del agregado seco, aplicándole en un cantidad de 0.9 a 1.1 galones.

Procedimiento Constructivo:

Colocación: Las mezclas asfálticas preparadas según las especificaciones, serán transportadas al lugar de la obra, en vehículos cerrados y limpios de toda sustancia extraña. Es despacho de estos vehículos, se arreglará de modo que todo el material sea entregado en el día. Todas las superficies de contacto en los sardineles, estructuras y todas las juntas serán pintadas con capa uniformemente delgada de asfalto. Se esparcirá la mezcla en capa o capas de tal magnitud para que al recibir la compactación final con el cilindrado o rodillado, se obtenga el requerido espesor de la sección transversal típica. Cuando hay más de una capa, cada una se dejará curar completamente antes de empezar la otra.

Perfilado y curado del concreto asfáltico: La mezcla asfáltica, será distribuida con una pavimentadora de propulsión propia, hasta tener una superficie suave que llene todos los requisitos de la sección transversal. Antes de 24 horas no debe permitirse la compactación, a menos que la autorice el inspector de la obra.

Rodillado y compactado: La superficie debe ser apisonada entera y uniformemente por medio de una aplanadora de 3 ruedas y de un peso mínimo de 10 toneladas. El subsiguiente puede ser obtenido por una aplanadora tándem de un peso mínimo de 8 toneladas o con un rodillo de llantas neumáticas. La compactación de be comenzar longitudinalmente a los lados y progresar hacia el centro del pavimento, tomando en cada viaje por lo menos la mitad del ancho de las ruedas traseras, los viajes subsiguientes de la aplanadora, serán un poco diferentes en distancia; en curvas con peralte, la compactación debe empezar en los lados inferiores y progresar a los superiores. El cilindrado debe continuarse hasta que no se pueda obtener mayor compresión y que desaparezcan todas las marcas. La aplanadora no debe ser en ninguna ocasión tan lenta que produzca deslizamientos laterales en la mezcla. Si esto ocurre será corregido usando



rastrillos y nueva mezcla donde sea requerido. No se permitirá que las aplanadoras se paren sobre el pavimento que no esté enteramente compactado; para evitar que la mezcla superficial del pavimento se adhiera a las ruedas de la aplanadora, estas deben de humedecerse con agua, pero no se debe permitir un exceso de agua en las ruedas.

Las aplanadoras deben estar en buenas condiciones de servicio. Deben tomarse precauciones para que no se derrame la gasolina, el aceite, la grasa o cualquier otro material extraño en el pavimento, cuando las aplanadoras estén trabajando o cuando estén paradas.

Pisón de mano: A lo largo de sardineles, muros o estructuras similares y en todos los puntos no accesibles a la planadora o en tales posiciones que no permitan plena compactación con la aplanadora, será compactada la mezcla con pisonos ligeramente aceitados.

Tráfico: Con excepción de una emergencia o a menos que sea estipulado en los planos, no debe permitirse el tráfico en ninguna sección de la superficie terminada, hasta 12 horas después de que se completó el cilindrado. Todo tráfico que se permita sobre este pavimento, estará sujeto a las leyes que rigen el tráfico en carreteras.

Laboratorio de campo: El contratista aportará por cuenta propia un local para el equipo de laboratorio de campo, para guardas los aparatos de ensayos, siendo este local para el uso del ingeniero y de los inspectores. No será menor de 2.5 m de lado con piso y techo que resguarde del mal tiempo, conteniendo por lo menos dos ventanas, dos puertas y una mesa de trabajo de 1.00 m de ancho y 2.00 m de largo. Este edificio estará situado de tal manera que permita observar todos los detalles de la planta desde él, por lo menos sea plenamente visibles, desde una de sus ventanas.

Requisitos de espesor y peso: Cuando los planos y las especificaciones especiales indique el espesor de un pavimento, la obra termina, no podrá variar el espesor indicado en más de un cuarto de pulgada, excepto en el caso de restauración de pavimentos existentes, que se deberá admitir una suficiente tolerancia para las irregularidades que dicho pavimento pueda causar. Se harán menciones del espesor en superficie número, antes y



después de compactar para establecer la relación de los espesores del material son compactar y compactado. Luego el espesor será controlado mediante el material son compactar que se encuentre inmediatamente detrás de la pavimentadora. Cuando las mediciones así efectuadas indiquen que una sección no se encontraría dentro de los límites de tolerancia fijados para la obra terminada, la zona aún no compactada será corregida mientras el material se encuentra todavía en buenas condiciones de trabajabilidad.

Cuando los planos o las especificaciones especiales lo exijan, la colocación del material para base o pavimento medida en peso por metro cuadrado, no podrá variar en más del 10% del régimen fijado.

Control de acabado: La superficie del pavimento será verificado mediante un planilla de coronamiento que tenga la forma de perfil tipo de obra y mediante una regla de 3 metros de longitud, aplicados en ángulo recto y

Paralela respectivamente, respecto al eje de la calzada. El contratista destinará personal para aplicar la citada plantilla y la regla bajo las órdenes del ingeniero, con el fin de controlar todas las superficies.

La variación de la superficie entre dos contactos de la planilla o de la regla, no podrá exceder de 1/8".

Los ensayos para comprobar la coincidencia con el coronamiento y la pendiente especificada, se harán inmediatamente después de la compactación inicial y las variaciones establecidas serán corregidas por medio de la adición o remoción del material según fuese el caso. Después de ello la compactación continuará en forma específica.

Terminada la compactación final, la lisura de la superficie terminada será controlada nuevamente y se procederá a eliminar toda irregularidad comprobada en la misma, que exceda a los límites indicados anteriormente. También se eliminarán zonas con texturas, compresión y composición defectuosas y se corregirán dichos defectos conforme a las disposiciones del ingeniero, que puedan incluir una remoción y sustitución por cuenta del contratista, de las zonas expresa.



Rectificación de los bordes: Los bordes del pavimento, serán rectilíneos y coincidentes en el trazo. Todo exceso de material será recortado después de la compactación final y depositados por el contratista fuera del derecho de vía y lejos de la vista desde el camino.

Método de medición:

Se medirá en dos partes y por separado:

Galones o kilos de bitumen empleado.

Cantidad de metros cuadrados de superficie de concreto asfáltico con cut-back RC-250, al espesor señalado en la sección transversal típica y de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

04.07 SELLO ASFALTICO

Este trabajo consistirá en una aplicación de material bituminoso con agregados de recubrimiento a una superficie asfáltica previamente preparada y en el ancho establecido en los planos.

Cantidades de material por metro cuadrado: Las cantidades aproximadas de materiales por m², destinadas a capas de sellado de los diferentes tipos deben variar entre 0.26 a 0.39 gl/m² para asfalto y de 5 a 10 kg/m² para los agregados.

Materiales:

Agregados: Los agregados para el sellado consistirán en gravillas zarandeadas o grava triturada. Estarán compuestas de partículas limpias, duras y durables. Su desgaste no será mayor de 40% a 500 revoluciones según el ensayo AASHTO T – 96. Al ser sometidas a 5 alternativas del ensayo de resistencia con el sulfato de sodio (Método AASHTO T – 104), dicho material no deberá sufrir una pérdida en peso mayor de 12%.



ESPECIFICACIONES PARA SELLO ASFÁLTICO

SUPERFICIES MEDIANAMENTE GASTADAS	
Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado que pasa la malla porcentaje en peso
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 16	45 – 80
N° 50	5 – 30
N° 100	0 – 8

SUPERFICIES MUY GASTADAS		
Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado que pasa la malla porcentaje en peso	
3/4"	100	100
1/2"	90 – 100	85 – 100
3/8"	40 – 70	10 – 30
N° 4	0 – 15	0 – 10
N° 8	0 – 5	0 – 5
N° 16	-.-	

Cuando utilice grava triturada, no menos de un 90% en peso de las partículas en la malla N° 4, deberá tener por lo menos una cara fracturada. Los agregados triturados para recubrimiento, carecerán de terrones y películas adheridas de arcilla y otras materias que podrían impedir una ligazón total de los agregados con el material bituminoso.

Deberán tener características tales que después de haber sido cubiertas íntegramente con material bituminoso del tipo a usarse en la obra, más del 95% de dicho material bituminoso deberá ser retenido por los mismos al ser sometidos a un ensayo de resistencia efectuado de acuerdo con el Método T – 182 AASHTO. Estas exigencias referidas al ensayo de resistencia de los



agregados pueden dejarse sin efecto, cuando los mismos tengan un rendimiento satisfactorio reconocido. Dicho material deberá tener un hinchamiento no mayor de 1.5% determinado por el Método T – 101 AASHTO.

Material bituminoso: Los materiales bituminosos, serán del tipo y clase establecidos en el pliego de licitación y deberán llenar las exigencias de las especificaciones y referencias que a continuación se detallan:

Asfalto de curado rápido: Las temperaturas de aplicación indicadas en grados F° serán:

Asfalto RC – 1	110 °C	180 °F
Asfalto RC – 2	140 °C	210 °F

Método de medición:

La medición se hará en dos partes y por separado:

Galones o kilos de bitumen empleado.

Cantidad de metros cuadrados tratado.

04.08. TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA

Este trabajo consiste en el traslado de todo material pagado para relleno con excedente de corte, eliminación de excedente de corte, mejoramiento de subrasante, y afirmado; a una distancia que exceda la distancia libre de transporte (transporte gratuito) y que se haya realizado de acuerdo a lo prescrito en los ítems correspondientes. A través de estas partidas se reconocerá, cuando corresponda, el pago de la partida Eliminación de Material Excedente

El transporte se pagará por m³-Km con las partidas TRANSPORTE HASTA 1 KM DE DISTANCIA Y TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA. Ambas partidas incluyen el esponjamiento del material a transportar y el carguío está considerado en el primer kilómetro. El costo del transporte de piedra para concreto ciclópeo y mampostería, y de agregados en general, está incluido en el precio unitario del insumo mismo.



Distancia total de transporte

La distancia de transporte se medirá a lo largo de la ruta más corta determinada por el Supervisor. Si el Contratista elige transportar por camino más largo, los cálculos para el pago se harán a lo largo de la ruta elegida por el Supervisor.

Distancia libre de transporte

Es aquella que no recibe pago directo y cuyo costo se considera incluido en el precio unitario de la partida para la cual se emplea el transporte. La distancia libre de transporte será de 120 m.

Distancia de transporte

Es la diferencia entre la distancia total de transporte y la distancia libre de transporte.

Método de medición: La unidad de pago será el metro cúbico-kilómetro (m³-Km); o sea, el producto del volumen transportado medido en su posición final multiplicado por la distancia de transporte en kilómetros, computada entre los centros de gravedad del material en su posición original y su posición final (menos la distancia de transporte gratuito)

05.00 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

05.01 ALCANTARILLAS TIPO MARCO

05.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

05.01.01.01 LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS EXISTENTES

Comprende el trabajo de limpieza de las Alcantarillas de C°.A. Tipo Marco, existentes y en buen estado.

Método de medición: unidad

05.01.02 CONTRUCCION DE ALCANTARILLAS TIPO MARCO



06.00 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

06.01 SEÑALIZACIÓN

06.01.01 POSTES KILOMÉTRICOS

Son señales que informan a los conductores el kilometraje y la distancia al origen de vía.

El Contratista realizará todos los trabajos necesarios para construir y colocar, en su lugar, los hitos kilométricos de concreto.

Los hitos kilométricos se colocarán a intervalos de un kilómetro; en lo posible, alternadamente, tanto a la derecha, como a la izquierda del camino, en el sentido del tránsito que circula desde el origen hasta el término de la carretera. Preferentemente, los kilómetros pares se colocarán a la derecha y los impares a la izquierda. Sin embargo, el criterio fundamental para su colocación será el de la seguridad de la señal.

Método de Medición: El método de medición es por hito, colocada y aceptada del Ingeniero Supervisor.

06.01.02 SEÑALES REGULADORAS

Las señales reguladoras se usan para regular el tránsito de la velocidad de diseño (30 Km/h) y serán ubicadas en el Km 0+000 y a la salida del área urbana del distrito.

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor

06.01.03 SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas se usa para indicar, con anticipación, la aproximación de ciertas condiciones del camino o concurrentes a él, que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando ciertas precauciones necesarias.



Preparación de señales preventivas:

Las señales preventivas serán confeccionadas con plancha galvanizada de 1/16" de espesor, de 0.60 m. x 0.60 m. con una resina poliésterica, con una cara de textura similar al vidrio, el fondo de la señal irá con material adhesivo con cinta reflectorizante color amarillo de alta intensidad; el símbolo y el borde del marco serán pintados en color negro con el sistema de serigrafía.

La parte posterior de todos los paneles se pintarán con dos manos de pintura esmalte de color negro.

El panel de la señal será reforzado con perfiles de ángulos T según se detalla en los planos. Todas las señales deberán fijarse a los tubos de fierro negro Ø 2".

06.01.04 SEÑALES INFORMATIVAS

Las señales informativas y reguladoras se usan para guiar al conductor a través de una ruta determinada, dirigiéndolo al lugar de su destino. Así mismo se usan para destacar lugares notables (ciudades, ríos, lugares históricos, etc.) en general cualquier información que pueda ayudar en forma más simple y directa.

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor.

06.02 SEGURIDAD VIAL

06.02.01 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

06.02.01.01 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

06.02.01.02 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

06.02.01.03 EXÁMENES MÉDICOS OCUPACIONALES (INGRESO Y DE RETIRO)

06.02.01.04 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS



07.00 IMPACTO AMBIENTAL

07.01 CLAUSURA DE SILOS Y RELLENOS SANITARIOS.

Esta partida consiste en la clausura de silos y rellenos sanitarios una vez concluida la obra.

Método de Medición: El trabajo por el cual se pagará por cada metro cúbico ejecutado, siendo verificados por la Supervisión antes y después de ejecutado el trabajo.

07.02 REVEGETALIZACION

07.03 ACONDICIONAMIENTO Y RESTAURACIÓN DE CANTERA

Esta partida consiste en la recuperación morfológica de canteras el que incluye la readecuación de la superficie y la revegetación del mismo.

Método de Medición: El trabajo por el cual se pagará por cada metro cuadrado ejecutado, siendo verificados por la Supervisión antes y después de ejecutado el trabajo.

07.04 PLAN DE MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL

Método de Medición: Unidad.

07.05 MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS Y PELIGROSOS

07.05.01 CONTENEDOR DE RESIDUOS SOLIDOS

07.05.02 DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

08.00 OTROS

08.01 FLETE PARA TRANSPORTE DE MATERIALES A LA OBRA

08.02 LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA



CAPITULO XII

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES



12.1. CONCLUSIONES

- ✓ El ancho de calzada es 6.0 m, ancho de bermas 1.20 m y un radio mínimo para curvas horizontales de 80.00 m, con una longitud de 7 + 145.31 km. El talud de corte es de 1:1 por ser un Suelo arcilloso, El talud de relleno es de 1:1.5
- ✓ El tipo de suelo predominante es: CL (suelo arcilloso de baja o mediana plasticidad).
- ✓ Mediante el estudio de mecánica de suelos se obtuvo un CBR máximo de 16.95 % al 95%, CBR mínimo de 7.55% al 95% y un CBR de diseño de 9.13%.
- ✓ la acción más agresiva se da en las progresivas: 0 + 000 – 0 + 400, 01 + 200 – 01 + 600 y 6 + 600 – 7 + 145.31, debido al Relleno de terreno, Desbroce, Tala, transporte de material de cantera y conformación de afirmado, el factor ambiental más frágil es el Paisaje con 15.14 %.
- ✓ Para el diseño final del pavimento se optó utilizar los espesores obtenidos por el método AASHTO 93, obteniendo los siguientes espesores: 5 cm, 15 cm y 15 cm, de carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente.
- ✓ Para el diseño de mezcla asfáltica se utilizó los resultados de la calicata N° 2 de la cantera rio cascajal.
- ✓ El costo por km de carretera asfaltada a enero del 2017 es de: S/.1,889,805.20.

12.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Cumplir con el diseño establecido al momento de ejecutar el proyecto.
- ✓ Ejecutar el proyecto en los meses de ausencia de lluvia, es decir entre los meses de abril a diciembre, por el tipo de suelo CL (arena-arcillosa).
- ✓ El proyecto se debe ejecutar en un plazo no mayor a 4 meses.
- ✓ Realizar la revegetalización con plantas nativas al finalizar la ejecución de la obra.
- ✓ Se recomienda tener en cuenta las medidas de contingencia durante la etapa de construcción del proyecto.



BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, Octubre del 2014.
"Manual De Diseño Geométrico Para Carreteras DG – 2014"
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, 2004.
"Reglamento Nacional de Vehículos"
- Diseño Geométrico de Carreteras, Cesar Guerra Bustamante, 1997 Lima – Perú.
- Carreteras, Autores varios ICG 2013.
- Caminos I, Alfonso Fuentes, 1965 Lima – Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima - Perú, 2007.
"Reglamento de Jerarquización Vial"
- DAVIS, FOOTE- KELLY .19976 – 977 pág. Madrid España.
"Tratado De Topografía"
- JUÁREZ BADILLO, Alfonso y RICO RODRÍGUEZ 1986. 110 Pág. Editorial Limusa. México.
"Mecánica de suelos"
- GERMÁN VIVAR ROMERO, 2da edición 1995.
"Diseño Y Construcción De Pavimentos"
- **Apuntes De Clase, Topografía, Caminos, Mecánica De Suelos, Pavimentos, Impacto Ambiental, Drenaje, Mecánica De Fluidos, Concreto Armado.**